С. ГОЛИЦЫН

ХОЧУ БЫТЬ ТОПОГРАФОМ

ДЕТГИЗ 1954

С. ГОЛИЦЫН - ХОЧУ БЫТЬ ТОПОГРАФОМ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

В книге С. М. Голицына, автора таких увлекательных детских книг как «Сорок изыскателей», «За березовыми книгами» и других рассказывается о работе топографов и геодезистов — людей, без которых невозможны ни строительство заводов, городов, шоссейных и железных дорог, труд которых необходим для составления карт, планов городов. Прочитав эту книгу можно узнать не только узнать много нового об этой профессии, но и получить полезные навыки, которые наверняка пригодятся во взрослой жизни.

Вместо разрядки в книге используется полужирное начертание. Некоторые рисунки дополнительно прорисованы для улучшения читаемости на небольших устройствах. Последовательность размещения некоторых рисунков изменена. Справочные таблицы представлены в двух форматах — в формате fb2 для чтения с использованием Cr3 и в виде рисунка — для чтения с использованием других программ — *V_E*.

Аннотация автора: «Может быть, вам приходилось видеть на улицах или в поле, возле дорог, людей, внимательно целящихся вдаль какими-то таинственными, поставленными на высокие треноги инструментами с трубой наверху, с разными винтами и приспособлениями. Возможно, вы робко пытались подойти к этому инструменту и заглянуть в трубу, и тогда вы, очевидно, слышали не особенно приветливое: «Ребята, ребята, отойдите, не мешайте!»

Таинственный человек долго стоит на одном месте, то глядит в трубу, то записывает что-то в тетрадку, потом делает знак рабочему-подносчику, быстро переходит на другое место и снова начинает смотреть в трубу.

Возможно, вам приходилось видеть, как двое тянут длинную гибкую стальную ленту, вставляют в ее концы острые металлические шпильки, а третий смотрит на ленту и при этом что-то рисует в своей тетрадке.

А в будущем, через месяц или через год, вам снова придется проходить той же дорогой, и вы неожиданно обнаружите забор, огородивший участок; за забором экскаватор выбрасывает землю из котлована, а к новым воротам то и дело подходят автомашины с кирпичом.

Оказывается, началось строительство дома или завода.

А может быть, вдоль той линии, по которой протягивали ленту, теперь начали копать канаву для водопровода, или ставить

телеграфные столбы, или асфальтировать шоссе.

Конечно, вы догадываетесь, что те таинственные люди, которые тогда глядели в трубу и тянули ленту, что-то измеряли для будущих строек.

Называются эти люди топографами и геодезистами.

Как они измеряют, зачем смотрят в трубу, для чего это нужно, вы узнаете, прочитав эту книгу».

- Сергей Михайлович Голицын
  - Глава первая
    - Кто такие топографы
    - Что такое топография
    - Немного истории
    - Топографы и сельское хозяйство
    - Военная топография
    - Изыскатели
    - Топографы на стройках
    - Топографы в городах
    - Как стареют карты
  - Глава вторая
    - По дороге в школу
    - На глазок
    - Про палец и спичку
    - Вешки
    - Как измерять линии
    - Ковылек
    - Решение задач с помощью рулетки
    - Эккер
    - Решение задач с помощью эккера
    - Школьный двор
    - Топография в комнате
    - Тень пирамиды
    - Высота дерева
    - Самодельные эклиметры
    - Много ли в реке воды течет
  - Глава третья
    - Компас
    - Истинный меридиан
    - Верный друг
    - Без компаса
    - О масштабах
    - План на глаз
    - Обоснование на закрытой местности
    - Обоснование на открытой местности

        - Съемка ситуации
        - Работа дома
        - О площадях
        - Опять вырезанные фигурки
        - Перенос проекта в натуру
        - Самодельная астролябия
        - Измерение углов
        - Угловая невязка
        - Снова азимуты
        - Опять о ситуации
    - Глава четвертая
        - Гониометр
        - Теодолит
        - Как измеряются расстояния
        - Обоснование съемки
        - Координаты
        - Выше и ниже
        - Знакомство с новым инструментом
        - Ступеньки
        - Ошибки большие и маленькие
        - От Балтийского моря по всему СССР
        - Вот это точность!
        - Как еще можно нивелировать
        - Самодельные нивелиры
        - Неровности местности
        - Как рисуется рельеф
        - Карта и как ею пользоваться
        - Про болото
        - План рисуется в поле
        - Самое драгоценное
        - На площадке будущего завода
        - Изыскатели-железнодорожники
        - Аэрофотосъемка
    - Таблица для определения величины катета СВ когда гипотенуза А С — 100 метрам или когда катет АВ = 100 метрам, при углах наклона а от 0° до 44°30'[40]
    - Таблица для определения расхода воды с помощью водосливов треугольного и трапецеидального
    - Таблица поправок на наклон линии на 100 метров измеренного лентой расстояния АС[41]
    - Условные знаки для плана масштаба 1 : 1000
- notes
    - 1
    - 2

- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41

- comments
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4

- ○ 5
- ○ 6
- ○ 7
- ○ 8

Сергей Михайлович Голицын
ХОЧУ БЫТЬ ТОПОГРАФОМ

Г-60

ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

С. ГОЛИЦЫН

ХОЧУ БЫТЬ ТОПОГРАФОМ

Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1954

Обложка И. Бруни

Рисунки Л. Смехова и Б. Лапина

Глава первая
ЧТО ДЕЛАЮТ ТОПОГРАФЫ

Кто такие топографы

Может быть, вам приходилось видеть на улицах или в поле, возле дорог, людей, внимательно целящихся вдаль какими-то таинственными, поставленными на высокие треноги инструментами с трубой наверху, с разными винтами и приспособлениями. Возможно, вы робко пытались подойти к этому инструменту и заглянуть в трубу, и тогда вы, очевидно, слышали не особенно приветливое: «Ребята, ребята, отойдите, не мешайте!»

Таинственный человек долго стоит на одном месте, то глядит в трубу, то записывает что-то в тетрадку, потом делает знак рабочему-подносчику, быстро переходит на другое место и снова начинает смотреть в трубу.

Возможно, вам приходилось видеть, как двое тянут длинную гибкую стальную ленту, вставляют в ее концы острые металлические шпильки, а третий смотрит на ленту и при этом что-то рисует в своей тетрадке.

А в будущем, через месяц или через год, вам снова придется проходить той же дорогой, и вы неожиданно обнаружите забор,

огородивший участок; за забором экскаватор выбрасывает землю из котлована, а к новым воротам то и дело подходят автомашины с кирпичом.

Оказывается, началось строительство дома или завода.

А может быть, вдоль той линии, по которой протягивали ленту, теперь начали копать канаву для водопровода, или ставить телеграфные столбы, или асфальтировать шоссе.

Конечно, вы догадываетесь, что те таинственные люди, которые тогда глядели в трубу и тянули ленту, что-то измеряли для будущих строек.

Называются эти люди топографами и геодезистами.

Как они измеряют, зачем смотрят в трубу, для чего это нужно, вы узнаете, прочитав эту книгу.

Что такое топография

Вы, конечно, знаете, что Земля — шар, вернее — шар, немного сплюснутый у полюсов. Вам известно также, что географическая **карта** — это уменьшенное во много раз изображение земного шара или его части на листе бумаги, на плоскости.

Возьмите апельсинную корку от половины плода и попробуйте распластать ее на столе. Вам это никак не удастся: или корка будет лежать бугром, или ее края разорвутся. Если поверхность Земли распластать на плоскости, то-есть изобразить на карте, контуры обязательно исказятся и никогда это изображение не будет точным и верным.

Ученые выработали много способов изображения поверхности земного шара так, чтобы эти искажения не казались особенно заметными и карта была удобной для пользования.

Наука, которая изучает, как измерять Землю или ее значительные части и изображать их на карте, называется **высшей геодезией**.

А теперь положите на стол совсем маленький, величиной с ноготь, кусочек апельсинной корки. Он так мал, что совершенно ровно ляжет на поверхность стола.

Поэтому, если изображается небольшой участок Земли, до 20 километров в длину и столько же в ширину, можно смело принять его за плоскость, и неточность в этом случае будет совершенно ничтожной.

Изображение маленькой части Земли, когда она при этом принимается за плоскость, называется **планом**, а наука, которая занимается **съемкой** планов, то-есть измерением и изображением таких небольших частей Земли, называется **геодезией**.

Что такое **топография**?

Под топографией чаще всего подразумевают тот раздел геодезии, который изучает, как **изобразить** часть земной поверхности на бумаге.

Геодезисты со своими инструментами проводят на местности необходимые измерения, а затем приходят топографы и на основании этих предварительных измерений снимают местность на план. Зачастую и геодезисты и топографы работают одними и теми же инструментами. Эти специальности так близки, что я в дальнейшем не буду их разделять и, упоминая о топографах, обычно буду подразумевать также и геодезистов.

Немного истории

Египет лежит узкой полосой вдоль реки Нила. Дальше в стороны тянется песчаная пустыня. Для сельского хозяйства там только и годится та земля, которая ежегодно орошается разливами Нила. Зато она отличается большим плодородием. С древнейших времен вся эта территория была разделена между отдельными собственниками. Каждому землевладельцу требовалось определить границы своего участка и закрепить их, то-есть поставить на всех углах столбы. А государству должны были быть известны точные размеры отдельных участков, чтобы брать с землевладельцев налоги.

Тогда-то для измерения участков и определения их площадей и границ и родилась геодезия (топография) вместе с родной ее сестрой — геометрией. Она служила для охраны интересов государства и богачей-землевладельцев и находилась в руках жрецов.

Вот что пишет древнегреческий историк Геродот про египетского фараона Рамзеса II, жившего три с лишним тысячи лет назад.

> «Мне рассказывали, что царь Сезострис (так греки называли Рамзеса. — *С. Г.*) произвел деление земель... Сообразно этим участкам с их владельцев взимались ежегодно налоги.
>
> Если Нил заливал чей-либо участок, то пострадавший обращался к царю и докладывал ему о случившемся. Тогда царь посылал землемеров, они измеряли, насколько уменьшился участок, и сообразно этому понижались налоги».

Как видно, и в те времена топография уже стояла на

достаточно высоком уровне.

Найденная при раскопках в южной части древней Ассиро-Вавилонии статуя военачальника с планом крепости в руках говорит о том, что топография и тогда уже применялась в военном деле.

В древней Греции и в Риме топографы-землемеры обмеряли землю, устанавливали границы между владельцами и ставили межевые знаки. Занятие землемера считалось очень важным и почетным. До сих пор в Италии находят древнеримские межевые знаки в виде каменных столбов, иногда с изображением головы бога Меркурия.

В России лет триста назад топография еще не существовала, а столбы на поворотах границ, на межах помещичьих вотчин уже ставили. Возле столбов выкапывали глубокие рвы, в которые клали несгнивающие предметы, например камни, кости и уголь. Снимать планы тогда не умели, а составляли подробные описания границ данного владельца, так называемые «писцовые книги».

Вот отрывок из писцовой книги времен царя Федора Алексеевича (1680 год):

> «А от корявой березы налево к Старицкой дороге, а у дороги столб, а на нем грань[1], против столба яма, а в яме красной камень, да кости — коровьи головы, а от столба по меже к виловатой сосне, а на ней грань, а против сосны яма, а в яме два камня синих, да один камень рябой, да уголья, а от сосны через дорогу в деревню Гришутину на ель...», и т. д.

Такие описанные в книге границы назывались «писцовыми межами».

Царское правительство во все времена строго охраняло интересы крупных землевладельцев. Вот, например, текст закона времен царя Алексея Михайловича (1649 год):

> «А буде кто на государеве, или вотчинникове, или на помещикове земле писцовую межу испортит и столбы вымечет[2], или ямы заровняет, или землю перепашет, а по суду и по сыску про то сыщется допряма[3] и тех людей на спорных межах бити кнутием нещадно и, бив кнутом, вкинути в тюрьму на неделю».

С течением времени ямы могли заровняться, столбы сгнить. Некоторые помещики нашли достаточно надежный способ восстановления границ: когда столбы ставились, ловили мальчишек-крепостных и возле столбов «били их кнутием

нещадно», чтобы они всю жизнь помнили то место и, уже будучи стариками, смогли указать, где стоял межевой столб.

До XVIII века в России существовали «чертежи» — нечто вроде карт отдельных частей России, составленные без какой-либо математической основы и не похожие на настоящие карты.

Царь Петр был первый русский, который по-научному заинтересовался и географией и топографией России, и заинтересовался не как-нибудь теоретически, по-книжному, — нет, под руководством голландца Крюйса он сам в 1696 году производил съемки по реке Дону во время русско-турецкой войны.

В 1701 году Петр открыл в Москве «Математико-навигац-кую школу», где ученики обучались также геодезии и картографии. Преподавателем там был замечательный русский математик Леонтий Магницкий. Позднее, в 1715 году, в Петербурге была основана Морская академия, откуда выпускались и геодезисты.

В указе от 9 декабря 1719 года Петр написал: «...которые в Академии (морской. — *С. Г.*) геодезию и географию обучили, тех послать в губернии для сочинения ланткарт, а жалования оным давать тех губерний из доходов».

Петр разослал геодезистов-топографов во все концы России. Специальными инструментами они определили более или менее точно положение различных городов (широту и долготу их) и создали карты отдельных губерний.

Большое значение для науки имели работы геодезистов И. М. Евреинова и Ф. Ф. Лужина, проехавших с 1719 по 1722 год от Тобольска до Охотского моря и далее на Камчатку и Курильские острова. Именно скромные геодезисты Евреинов и Лужин, определяя широты и долготы разных пунктов, первые составили карту Сибири и Дальнего Востока[4].

Позднейшие карты (вторая половина XVIII века) поражают своей точностью и той добросовестностью, с какой было привлечено и критически разработано много разного картографического материала. Руководил тогда составлением карт великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов, занимавший должность начальника географического департамента.

Топографы и сельское хозяйство

В капиталистических странах топографы постоянно занимаются **межеванием** частновладельческих земель, то-есть определением границ и площадей измеряемых участков. Этим вопросам в иностранных, да и в старых русских книгах по

топографии уделяется много внимания.

Топографы, работавшие в царской России в сельском хозяйстве, назывались **землемерами**.

Теперь в СССР таких топографов называют **землеустроителями**.

Слова как будто похожи, а смысл их глубоко различен.

Землемер, устанавливающий границы помещичьего владения, волей или неволей защищал интересы эксплуататоров.

Работа землеустроителя совсем иная. Топографы-землеустроители приняли большое участие в переустройстве нашего социалистического сельского хозяйства. После Великой Октябрьской социалистической революции они помогали распределять между крестьянами и вновь организуемыми совхозами всю отобранную у помещиков землю. Для этого они снимали планы бывших помещичьих земель, затем карандашом, циркулем и линейкой разделяли эти планы на участки и переносили новые границы с плана на местность, поставив на всех углах столбы с выжженным знаком — гербом Советской республики.

Позднее, когда началось массовое вступление крестьян в колхозы, землеустроители много поработали над установлением новых границ колхозов.

Когда земля закреплялась за колхозами на вечное пользование, землеустроители составляли планы этих земель.

После укрупнения колхозов перед землеустроителями встали новые задачи. Потребовалось составить планы колхозных земель и по этим планам распределить землю на участки севооборота. Эту работу землеустроители проводили вместе с агрономами.

Военная топография

В 1822 году был основан корпус военных топографов, солдаты и офицеры которого в течение XIX века постепенно создавали точные карты значительных территорий России.

Тогда же, в XIX веке, были организованы экспедиции на отдаленные окраины России: экспедиции Кропоткина, Потанина, Пржевальского, Семенова-Тян-Шанского и многих других.

Неизвестных земель — белых пятен — становилось все меньше. Каждый такой путешественник был не только топографом, но и зоологом, и ботаником, и геологом: он собирал коллекции животных, растений, ископаемых.

Вы, возможно, читали книги замечательного путешественника по Дальнему Востоку В. К. Арсеньева «Дереу Узала» и «В дебрях Уссурийского края».

Так вот, Арсеньев был военным топографом. Правда, в этих книгах он мало говорит об основной цели своих путешествий — о том, что он создавал карты неизвестных до него территорий.

В армии карта нужна всем — от главнокомандующего до командира отделения. Даже солдат, получивший специальное задание, имеет на руках карту.

По картам разрабатываются военные операции и изучается характер местности, намечаются маршруты для авиации и цели для дальнобойной артиллерии. Командующий армией, глядя на карту с флажками, кружочками и квадратиками — полками и дивизиями, ясно видит, где какая часть находится, где слабое место противника, откуда начать наступление, куда перебросить войска и т. д.

Требования к военной карте очень строгие. Военные карты должны быть совершенно безупречны. Недаром говорится, что карта — это глаза армии.

Мы знаем из истории следующий факт. Великий русский полководец Суворов имел составленную австрийцами карту Швейцарии, на которой была ясно обозначена дорога вдоль Фирвальдштетского озера. По этой дороге Суворов намеревался провести свои войска. Но когда русские подошли к озеру, вместо дороги или хотя бы тропинки они увидели только скалы, отвесно спускающиеся к воде.

Пути вперед не было. Положение оказалось крайне тяжелым. Отступать? Нет, Суворов и его чудо-богатыри отступать не привыкли. Оглядев солдат, он отдал приказ — начать подъем на кручи альпийского хребта.

Ценой нечеловеческих усилий русские войска преодолели это препятствие и неожиданно для французов спустились в соседнюю долину.

Вот один случай, описанный А. Куприным в его рассказе «Куст сирени».

Молодой офицер Алмазов собирался поступить в Военную академию Генерального штаба. Два года подряд он проваливался на вступительных экзаменах. Наконец, на третий год, он выдержал экзамены по всем предметам. Оставался последний — военная топография.

Алмазов благополучно снял план и уже кончал его чертить, как вдруг посадил зеленой краской в самой середине чертежа кляксу. Ему бы следовало постараться как-нибудь подчистить ее, а он недолго думая взял да и переделал кляксу в куст и на следующее утро понес показывать план профессору.

Профессор эту местность давал снимать всем экзаменующимся офицерам и потому знал ее очень хорошо. Он

сразу обратил внимание на непонятное пятно и усомнился в существовании куста. Алмазов стал доказывать, что куст действительно существует. Спор их кончился тем, что профессор предложил на следующее утро отправиться на участок и проверить план. Алмазов пришел домой совсем убитый, рассказал жене о своем ужасном положении, о том, что из-за какого-то куста рушатся все его мечты об академии.

«Самый безобразнейший педант, какой только есть на свете!» — так называл профессора расстроенный Алмазов.

Жена решила выручить незадачливого мужа.

Вечером супруги отправились в цветочный магазин, купили там, за неимением другого, куст сирени и на следующий день рано утром посадили его на участке.

Все кончилось благополучно. Убедившись, что куст действительно существует, профессор извинился перед Алмазовым за свою забывчивость и поздравил его с благополучным окончанием экзаменов. Алмазов поступил в Военную академию.

Разберем этот рассказ с точки зрения топографической.

Нет, профессор не был педантом, придравшись к какому-то кусту.

Предположим, что во время.войны карта с нарисованным, но несуществующим кустом очутилась в руках офицера. Где-то впереди, за вспаханным полем, скрывается противник. Это офицер хорошо знает. Он внимательно рассматривает карту, и взгляд его останавливается на кусте.

Подозвав к себе сержанта, он приказывает ему занять позицию немного левее куста.

Очевидно, что сержант, стремясь выполнить поставленную перед ним задачу, неминуемо собьется с пути и попадет в тяжелое положение.

В моей практике был подобный случай.

Очутившись с картой в руках вдали от деревень в астраханских степях, совершенно однообразных и ровных, я определил свое местонахождение только по одному кусту, который топограф не забыл нанести на карту.

Как видно, такой отдельно стоящий куст имеет очень важное значение. Мелкие, но характерные предметы (отдельные кусты, деревья, курганы, большие камни и т. п.) на открытом месте видны издали. Найдя их на карте, легко можно сообразить, где находишься, или, как говорят топографы, легко ориентироваться на местности. Такие предметы называются ориентирами.

Когда вы объясняете, как пройти в какую-нибудь деревню, вы упоминаете разные заметные признаки по пути и говорите

примерно так: «Иди по большой дороге, пока не дойдешь до сухого дерева, тогда поверни направо, там увидишь большой камень, тогда сверни по тропинке налево...» Сухое дерево и камень — наиболее характерные и заметные ориентиры по дороге.

Помните, мы говорили о писцовых книгах XVII века? Там ямы с коровьими головами и камнями и корявые березы являлись именно ориентирными знаками, на основании которых устанавливалась и отыскивалась граница данного землевладения.

Военный топограф везде старается найти такие выделяющиеся предметы. В лесу, например, он отмечает даже муравьиные кучи, даже след от костра.

Изыскатели

Хорошо известна книга писателя Гарина-Михайловского «Детство Тёмы», менее известны две книги продолжения: «Гимназисты» и «Студенты», и почти неизвестна заключительная, правда незаконченная, часть: «Инженеры».

Гарин-Михайловский был не только писателем, но и талантливым инженером-путейцем. Он много работал на железнодорожных **изысканиях**, в частности в Сибири. Он с несколькими техниками и рабочими, прорубая просеки в тайге, выбирал — **изыскивал** — наилучший путь, или, как говорится, **трассу**, будущей железнодорожной линии Тюмень — Омск — Иркутск.

Изыскателями бывают не только топографы (геодезисты). Железнодорожные изыскатели, работая теми же инструментами, близки топографам. Изысканиями занимаются геологи, гидрологи, ботаники, почвоведы, лесоводы — одним словом, все те, кто что-то ищет в природе: на земле и под землей, на воде и под водой. Но обычно изыскатели берут с собой также топографов, поскольку всем им приходится иметь дело с планом и с картой.

Часто топографы едут на изыскания отдельно. Их может быть и два, и три, и больше человек. Иногда едут сразу пятьдесят человек, иногда — даже несколько сот. Все зависит от объема и сроков изыскательских работ. В зависимости от количества участников говорят: «изыскательские отряды», «изыскательские партии» или «экспедиции».

Я сам работаю топографом почти четверть века. Хочется рассказать здесь о своих первых изысканиях. В 1930 году я поехал в составе изыскательской партии на Северный Кавказ. В то время только еще развертывались Майкопские нефтяные промыслы. И

там, где на склонах гор теперь стоит целый лес нефтяных вышек, где выросло несколько городов и поселков, где построены новые железные и шоссейные дороги, тогда были дремучие леса.

Нас было несколько молодых техников. Мы остановились у подножия гор, в казачьей станице, и занимались съемкой участков будущих нефтяных промыслов, будущих жилых поселков, территории электростанции. Постепенно мы удалялись от дома, пришлось переселяться в палатки, которые мы время от времени перевозили на другое место. Интересна была не только работа на свежем воздухе, но и вся жизнь с варкой пищи на костре, с охотой, с песнями и играми по вечерам.

Начальником изыскательской партии у нас был семидесятилетний инженер В. В. Сахаров, который всю жизнь работал на изысканиях.

Мы, молодежь, его очень боялись. Он требовал от нас точности, аккуратности, четкости в работе и совершенно не терпел, как он выражался, «слюнявых» ответов. Когда мы приезжали или приходили вечером и он спрашивал, сколько сделали, надо было коротко, по-военному, рапортовать, отчеканивая каждую цифру: «Столько-то и столько-то...»

Горе тому, кто начинал отвечать примерно так: «Да, знаете, я точно не знаю, кажется около того...»

Наступили зимние холода. Зимой, в метель, трудно было работать — ведь приходилось не только записывать в поле, но и вертеть металлические винты инструмента и рисовать.

Сахаров приучил нас не бояться холодов, и теперь, работая во всякую погоду (разумеется, тепло одетый), я вспоминаю его беспощадное и одновременно отеческое отношение к нам.

Однажды Сахаров расспрашивал меня о чем-то по работе, и каких-то записей у меня не хватило — не то я не измерил ширину какой-то хатенки, не то забыл измерить ее длину.

— Ну, а здесь придется пофантазировать, — сказал я.

— Подойдите сюда! — услышал я грозный голос Сахарова. — Ведь вы топограф. Кто вам дал право фантазировать?

Минут пятнадцать он отчитывал меня так, что и сейчас при воспоминании об этом пробегают по спине мурашки.

На следующее утро я трясся на телеге верст за пятнадцать — Сахаров послал меня измерить ширину злополучной хатенки.

Не похоже ли это на куст сирени у Куприна?

Изыскатели — топографы, геологи и многие другие — первыми приходят в дремучую тайгу, взбираются на неприступные вершины, первыми начинают завоевывать эти непроходимые края. Мне пришлось однажды побывать в тех местах, где я когда-то видел на высокой скале великолепного

оленя, и обнаружить на месте тайги целый город с железной дорогой, шоссе, электричеством...

Много еще и сейчас сохранилось глухих краев и в тайге Сибири, и в тундрах Дальнего Востока, и в горах Тянь-Шаня. Изыскательские партии верхом на лошадях забираются в такие края, что только при помощи походной радиостанции можно сообщаться с внешним миром.

Изыскатели должны быть меткими стрелками-охотниками, уметь хорошо лазить по крутым скалам, ездить верхом и плыть в челноках. Они должны легко переносить и заполярную метель и каракумскую безводную жару.

Советую вам прочитать очень интересную книгу геодезиста Г. А. Федосеева «Мы идем по Восточному Саяну»[5], в которой описываются жизнь и приключения изыскательской партии в 1938 году в Саянских горах.

За двадцать с лишним лет мне пришлось изъездить нашу страну вдоль и поперек, и все равно в каждой своей поездке я находил что-либо новое, незнакомое для меня, в какой, казалось бы, скромный и прозаический уголок я ни попадал. Во время поездок, конечно, надо интересоваться не только своей работой, а полазить и побродить по окрестностям, посмотреть, как живут и чем занимаются люди, надо ознакомиться с историей того края или того города, куда закидывает вас работа.

Топографы на стройках

Постройка дорог, железных и шоссейных, метро, мостов, каналов, осушение и орошение земель, составление морских и речных лоцманских карт, постройка плотин, от самых грандиозных до маленьких — колхозных, постройка гидростанций, водопровода, канализации, заводов, портов, набережных, шахт, посадка лесных полос, разбивка лесных кварталов, наконец строительство городов — всю подготовку к этим работам ведут топографы. Они дают необходимые карты, планы и цифры, по которым составляются проекты строительства, и, наконец, они принимают живейшее участие в самих стройках.

Топографы первыми приходят на необжитое место и уходят, когда строительство заканчивается.

Предположим, геологическая изыскательская партия открывает в глухом углу нашей страны какое-либо новое месторождение. Геологов сопровождают топографы, которые в общих чертах наносят на карту это месторождение. Затем приезжает специальная геодезическая (топографическая) изыскательская партия или даже целая экспедиция и начинает

снимать уже подробный план местности. Отдельные партии прорубают узкие просеки — трассы будущей железной дороги, будущего шоссе, линий электропередачи, линий связи, водопровода и т. д.

Потом заснятый топографами план увозится в Москву или в другой большой город и вычерчивается тушью. Проектировщики разных специальностей занимаются этим планом. Они наносят на него квадратики — места будущих шахт, электростанции, лесопилки, кирпичного и других подсобных заводов, — подводят к каждому предприятию черные нити железнодорожных путей, намечают линии дорог, а в стороне, на изгибе реки, располагают стройные ряды квадратиков — будущий город.

И снова являются топографы, уже вместе со строителями, и начинают согласно проекту ставить столбы на углах будущих зданий, вдоль будущих дорог. Строители возводят здания, и тут топографы неизменно сопровождают их. Они с точностью до сантиметра указывают, на какую глубину следует копать котлованы, до какой высоты возводить стены зданий, на каком уровне закладывать полы, прокладывать трубы водопровода и канализации, где на будущей железной дороге копать выемки и возводить насыпи.

Топографические изыскания ведутся и на площадках строительства будущих ГЭС, где снимаются подробнейшие планы местности, намечаются трассы будущих каналов, подъездных железнодорожных путей, высоковольтных линий электропередачи. Много изыскательских работ проводится на дне будущих водохранилищ. Надо точно определить не только размеры водохранилищ, но и их объем; надо на местности столбами обставить границу заливаемой территории, чтобы знать, где сносить постройки и где вырубать леса.

Обычное правило — сперва изыскательские работы, потом проектирование, потом строительство — иной раз не соблюдается. Изыскательские работы часто ведутся одновременно со строительством, и данные изыскательских партий проектировщики и строители получают буквально на ходу.

При строительстве гидротехнических сооружений установка отдельных деталей — например, пят шлюзовых ворот — должна производиться с точностью до миллиметра; такая точность может быть достигнута только геодезистами, вооруженными самыми совершенными инструментами.

В Туркмении, в Узбекистане, в Таджикистане воду на поля проводят по арыкам из рек.

Аму-Дарья, Сыр-Дарья и другие среднеазиатские реки текут очень быстро, поэтому на их берегах устанавливают специальные

водозаборы, перехватывающие часть воды и отводящие ее по арыкам, в которых вода течет медленнее, чем в реке. От этих основных арыков с помощью шлюзов-затворов вода распределяется по более мелким арыкам, а из них уже подается на поля и в сады.

В каждом колхозе существуют специальные поливальщики — мирабы, которые распределяют воду по отдельным участкам полей. Раньше все это делалось на глазок, да и таких больших каналов, как, например, имени И. В. Сталина в Ферганской долине (Узбекистан) и Вахшский (Таджикистан), прежде не строили.

Теперь, в связи с переходом на новую систему орошения, проводить арыки без участия топографов стало просто невозможно. Топографы строго и точно отмечают, где, до какого уровня нужно копать, чтобы вода текла не слишком медленно, но и не чересчур быстро. Вместо целой сети мелких оросителей, разделяющих поля и сады на небольшие узкие участки, топографы теперь провели более редкие и более крупные арыки. Все мелкие арыки, подающие воду непосредственно на грядки, сохраняются только как временные оросители; во время пахоты и жатвы каждый год их заравнивают тракторы и другие сельскохозяйственные машины и снова каждый год их прокапывают специальными канавокопателями.

Осушение болот также проходит при участии топографов. Реки в Белоруссии, например Припять, Березина и ее притоки, текут очень медленно, берега у них низкие. Здесь опасно выкопать осушительный канал на глаз — а вдруг вода по нему не потечет и будет застаиваться. И наоборот, если канал выкопать с большим уклоном, вода потечет по нему сперва чересчур быстро и будет размывать стенки, а потом, когда дойдет до реки, может случиться, что река потечет в канал.

Такие неприятные случаи бывали раньше, когда копали каналы на глаз.

Топографы в городах

Большим терпением надо обладать топографу для работы в городе, а в Москве в особенности.

Топограф навел свой инструмент, сейчас возьмет отсчет, и вдруг две девушки загородили ему дорогу. Они весело о чем-то разговаривают, не подозревая, что в 100 метрах от них стоит человек и бормочет про себя:'

— Девушки, милые, ну отойдите хоть на полшага!

Наконец девушки встрепенулись и отскочили в сторону.

Только топограф нагнулся к трубе — вдруг толстый гражданин с задумчивым видом стал посреди тротуара, а потом автомашина загородила все на свете...

На центральных улицах Москвы топографам приходится работать только по утрам, на рассвете.

Знаете ли вы, что планы больших городов так подробны и точны, что на них нанесены не только все без исключения дома с выступами, крылечками, ступеньками, все колодцы, заборчики, но даже каждое отдельное дерево в садах, на бульварах, на улицах точно поставлено на свое место? План Москвы так велик, что если склеить все составляющие его листы в один, он вряд ли поместится на полу самого большого московского зала. И все эти планы — дело рук топографов.

На улицах больших городов новые дома, как правило, строятся несколько отступя от линии старых домов. Это потому, что улица, когда небольшие старые дома будут снесены, станет шире. У архитекторов эта линия будущей улицы называется **красной** линией, так как ее проводят на плане красной тушью, иногда поперек квадратиков — существующих старых зданий. Дело топографов — с большой точностью перенести эту красную линию на местность, перед тем как начнется строительство нового здания.

Может быть, вам придется когда-нибудь, если вы москвич, укрыться от дождя на площади Свердлова, под портиком Большого театра. Обратите внимание, как быстро стекают по асфальту водяные струи и попадают в конце концов через специальные люки в реку Неглинную, о существовании которой москвичи давным-давно позабыли, но которая продолжает между тем течь, заключенная в трубу.

Топографы определяли, где улицы расположены ниже и где выше. По их цифрам был составлен проект стока воды с московских улиц в люки, из люков по трубам — в подземные реки и, наконец, в Москву-реку.

А московское метро! Вот где топографы принимали деятельное участие. Они давали направление туннелям, которые шли из разных шахт навстречу друг другу. И хотя под землей и не видно, никогда не может случиться, чтобы туннели не встретились. Расхождения не могут превышать тут сантиметра.

В романе немецкого писателя Б. Келлермана «Туннель» описывается, как строители туннеля под Атлантическим океаном, начав копать с двух сторон: из Америки и из Европы, прошли мимо друг друга. Если бы Келлерман знал геодезию, он бы так не написал.

Ширина Атлантического океана — около пяти тысяч

километров. Современная техника геодезических работ и качество инструментов таковы, что геодезисты сочли бы результаты никуда не годными, если бы туннели разошлись хотя бы на несколько метров.

На строительстве высотных зданий в Москве также работают специальные топографы, которые с большой точностью определяют своими инструментами местоположение всех основных осей здания.

Как стареют карты

Карты, к сожалению, бывают безупречными недолго: они очень скоро становятся неверными.

Всякая местность изменяется непрерывно. А в нашей стране, где повсюду идет строительство, эти изменения происходят буквально на наших глазах. Города раздвигаются во все стороны, прокладываются широкие ленты шоссе, осушаются перерытые канавами болота, в самых глухих местах вырастают новые рудники, новые поселки, новые заводы и города...

Сравните две карты СССР: одну — двадцатых годов, другую — современную. Голубыми лентами протянулись новые каналы — Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина, канал имени Москвы, Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина; появились новые водохранилища — Московское море, Рыбинское водохранилище, Цимлянское море; возникли новые города, в том числе такие большие, как Магнитогорск, Сталинск, Запорожье, Караганда; прочертились новые линии железных дорог.

Самые большие изменения на карте нашей страны произойдут, когда будут созданы новые моря — Куйбышевское, Сталинградское, Каховское. Много деревень и даже несколько городов в связи с затоплением будут перенесены на другое место.

Изменяется природа и без участия человеческих рук: реки несут в своих водах большое количество ила и песка, которые оседают в дельте; постепенно там образуются новые острова, и суша все дальше и дальше выдвигается в море; реки подмывают берега, меняют свое течение; в горах происходят обвалы, запруженные обвалом потоки разливаются в озера. В природе изменения происходят не так заметно, но беспрерывно.

Ясно, что в районах больших строек придется карты выпускать заново, а в обычных условиях иногда достаточно только подновить старые карты, нанеся на них все происшедшие изменения. Проверка таких старых карт на местности называется **рекогносцировкой** карт.

Глава вторая
НАШИ УРОКИ ПО ТОПОГРАФИИ

По дороге в школу

Мне вспомнились давние времена, когда я еще учился в школе. Школа находилась от моего дома далеко. Я ходил туда вдвоем с одним мальчиком. И всегда мы с ним спорили: какая дорога короче — низом, вдоль луга, или верхом, через поля. Как-то мы рассказали о нашем споре учителю.

— А вы проверьте, — посоветовал учитель. — Пусть сегодня один из вас пойдет по верхней дороге, другой — по нижней, и считайте при этом шаги; а назавтра переменитесь.

Чтобы мы не сбились, учитель предложил такой способ счета: перед отправлением в школу каждый из нас клал руки в карманы куртки и после каждой сотни шагов вытаскивал палец и снова начинал считать до ста. Когда все десять пальцев оказывались снаружи, это значило, что пройдена тысяча шагов. Тогда мы расстегивали верхнюю пуговицу куртки, снова клали руки в карманы и опять начинали вытаскивать пальцы по одному. Когда я доходил до школы, все пять пуговиц моей куртки оказывались расстегнутыми.

Результаты получились следующие.

Мои измерения: верхняя дорога — 5091 шаг, нижняя — 5125 шагов.

Измерения моего друга: верхняя дорога — 5338 шагов, нижняя — 5371 шаг.

— А почему такая разница между нашими шагами? — спросил я учителя.

— Потому, что ты выше ростом и шаг у тебя немного длиннее. А насколько длиннее, можно узнать.

И учитель рассказал нам еще много интересного о шагах.

На железной дороге сбоку изредка расставлены столбики. Известно, что расстояние между ними равно точно 100 метрам.

Три раза мы измерили шагами это расстояние. У меня получились такие цифры: 143, 145, 147, то-есть в среднем 145 шагов.

У моего приятеля среднее число шагов между двумя столбиками получилось 152.

Значит, мой шаг равнялся 100: 145 = 0,69 метра, а шаг моего приятеля (100 : 152) — приблизительно 0,66 метра.

Таким образом, расстояние до школы по верхней дороге

равно 5091 X 0,69 = 3513; 5338 X 0,66 = 3523, то-есть в среднем 3518 метрам. Расстояние до школы по нижней дороге равно 5125 X 0,69 = 3536; 5371 X 0,66 = 3545, то-есть в среднем 3540 метрам.

Позднее мы заметили, что по грязной дороге, по траве, по пашне, по лесу, а также при подъеме на гору наши шаги делались короче. Мы измеряли расстояние шагами между столбиками не только по железной дороге, а шли также параллельно ей по траве, и длина нашего шага получалась немного меньшей.

Все это мы приняли во внимание при последующих опытах с шагами, причем во всех случаях, зная длину нашего шага, мы переводили шаги в метры.

Давайте продолжим нашу задачу. Если выкинуть все каникулы, выходные дни и праздники, останется 210—230 школьных дней; в младших классах меньше, в старших, из-за экзаменов, — больше. Возьмем среднее — 220 дней.

Разница между расстояниями по верхней и по нижней дорогам составляет 22 метра. Значит, если вы будете ходить в школу и обратно домой по нижней дороге, вы ежедневно будете делать 44 метра лишних. За год это составит около 10 километров, а за десять лет пребывания в школе — 100 километров!

Видите, как много.

На глазок

— Сколько метров до дерева? По-моему, пятьдесят.

— Ну нет, не менее шестидесяти, — сказал мой товарищ.

Мы сосчитали: оказалось 38. Я выиграл, потому что угадал сравнительно точнее.

— А сколько метров вон до того столба?

Каждый назвал число метров, и мы опять сосчитали шаги и перевели их в метры.

Это было очень интересно — определять на глаз расстояния. Мы устроили из этого настоящую игру, за которой совершенно незаметно проходила наша скучная дорога в школу. Постепенно мы увеличивали определяемые расстояния и вскоре достигли в нашем глазомере относительно большой точности, ошибаясь на 10—-12 метров при расстоянии в 200 метров.

Но вот странная история. Мы хорошо определяли расстояние при дневном свете, в привычных условиях — в поле, на дороге. В сумерках расстояния нам начинали казаться намного больше. Так же мы ошиблись, но в меньшую сторону, при определении расстояния через овраг. Однажды мы возвращались из школы

ночью и увидели впереди костер; попробовали определить расстояние до него, и оказалось, что мы ошиблись в меньшую сторону примерно в два раза. Такая же крупная ошибка получилась у меня, когда я хотел определить на глаз ширину реки.

Отсюда мы сделали вывод: в непривычных для глаз условиях, когда предмет кажется или слишком тусклым, или, наоборот, слишком ярким, или когда местность между нами и предметом резко отлична, определять на глаз расстояния до предметов следует осторожнее. На основании наблюдений мы составили такую таблицу.

На каком расстоянии можно ясно различать следующие предметы [6]

Глаза человека . . . . . до 100 метров
Мелкие подробности одежды . — 200 »
Лицо человека . . . . . — 400 »
Движение ног . . . . . — 500 »
Цвет пальто . . . . . — 600 »

Эта таблица годна только в том случае, если навстречу идет человек. Топографам в своей работе постоянно приходится определять расстояния на глаз. Чтобы приобрести хороший глазомер, топограф путем многократных упражнений «наметывает» глаз не только по идущему человеку, но и по столбам, по зданиям, по цвету и размеру кустов и отдельных деревьев.

Я советую вам, ребята, заняться определением на глаз расстояний. Это будут ваши первые уроки по топографии, которые можно проводить и в городе и в деревне. Я уверен, что такое занятие вас заинтересует и может пригодиться в жизни, даже если вы и не собираетесь стать топографами.

Туристам, например, совершенно необходимо научиться хорошо определять расстояния на глаз. В армии точный глазомер нужен в равной степени и меткому стрелку и толковому разведчику.

Про палец и спичку

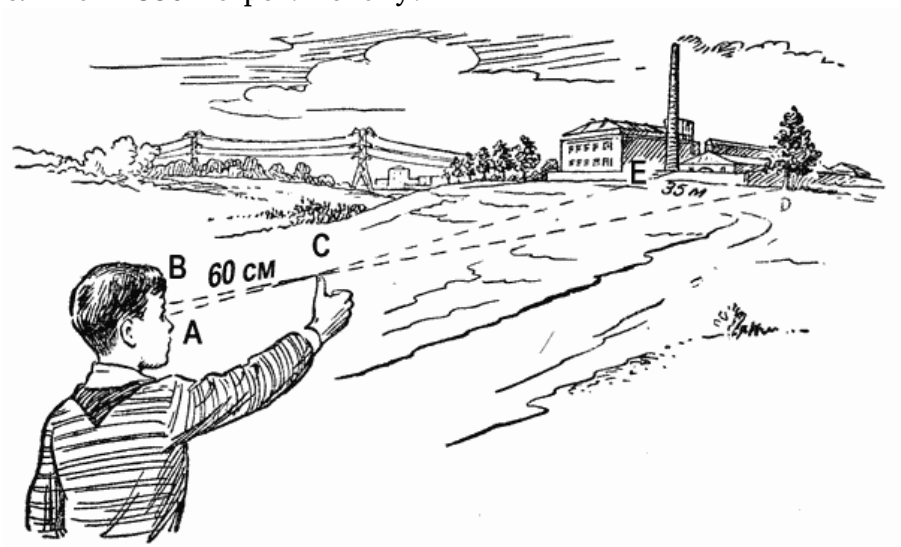
Чтобы быстро и более или менее точно определять расстояния до тех или иных отдаленных предметов, топографы употребляют специальные приборы и инструменты, называемые

дальномерами. Большинство дальномеров, и самодельных и фабричного производства, устроено так, что заранее должны быть известны размеры того предмета, до которого определяется расстояние.

Одним из самодельных дальномеров может служить большой палец руки. Проще инструмента, кажется, и не придумаешь.

Вам захотелось узнать, например, сколько метров будет до фабричной трубы.

Вытяните правую руку прямо вперед и, выставив вверх большой палец, наведите его на трубу. Смотрите только правым глазом. Теперь, не опуская пальца, быстро закройте правый и откройте левый глаз. Палец при этом словно отскочит в сторону. Заметьте, он закрыл дерево, которое находится от вас примерно на том же расстоянии, что и труба. Попробуйте определить на глаз, сколько метров от фабричной трубы до дерева. Метров 35, не больше. Значит, от вас до фабричной трубы будет в десять раз больше — 350 метров. Почему?



Вам захотелось узнать, сколько метров до фабричной трубы.

Вспомните геометрию. У вас получились два равнобедренных треугольника[7]: вершинами одного из них являются два глаза и палец (***ABC***), другого — палец, труба и дерево (***CED***); они подобны, и, значит, можно написать такую пропорцию:

расстояние от глаза до пальца / расстояние между глазами = расстояние от пальца до трубы / расстояние между трубой и деревом

$$\frac{\text{расстояние от глаза до пальца}}{\text{расстояние между глазами}} = \frac{\text{расстояние от пальца до трубы}}{\text{расстояние между трубой и деревом}}$$

то есть: AC/AB = CE/ED

Величина АС у взрослого человека, то-есть расстояние от глаз до пальца на вытянутой руке, равна 60 сантиметрам, а расстояние между глазами (***AB***) равно 6 сантиметрам, значит в десять раз меньше. Это отношение есть величина почти постоянная.

У ребят школьного возраста размеры будут соответственно меньше[8], но всегда ***AB*** будет примерно в десять раз меньше ***AC***.

Подставим все эти величины в нашу пропорцию:

0,60 / 0,06 = CE / 35; отсюда CE = 350 метрам.

Основным недостатком «пальцевого» дальномера является трудность определения на глаз расстояния, на которое отскакивает палец, то-есть расстояния ***ED***. Ведь ошибка в определении ***ED*** увеличивается в десять раз, когда нам надо определить ***CE*** — расстояние до фабричной трубы.

Если вдали слева направо идет человек, вы наведите на него палец, сосчитайте число шагов человека от одного положения пальца до другого. Тогда расстояние ***ED*** определится точнее.

Вот другой дальномер — из спички.

Возьмите спичку и с помощью чертежной линейки или треугольника нанесите на одной из ее граней чернилами двухмиллиметровые деления, попеременно то черные, то светлые шашки. Чтобы пользоваться этим дальномером, нужно, как я уже говорил раньше, знать размеры того предмета, до которого требуется определить расстояние.

Вот средняя высота некоторых предметов в метрах: рост человека — 1,7, диаметр колеса велосипеда — 0,75, высота всадника — 2,2, телеграфного столба — 8, одноэтажного дома без крыши — 2,5-4,0.

Вы увидели вдали всадника, вытянули руку и навели на него спичку. Всадник занял на спичке как раз одну шашку, то-есть 2 миллиметра.

Вы увидели всадника, вытянули руку и навели на него спичку.

Какое расстояние до него?

Нетрудно видеть, что получились опять два подобных треугольника — ***ABC*** и ***ABE***, из которых можно написать следующую пропорцию:

$$\frac{\text{расстояние от глаза до спички}}{\text{отрезок спички}} = \frac{\text{расстояние до всадника}}{\text{высота всадника}}$$

расстояние от глаза до спички / отрезок спички = расстояние до всадника /высота всадника,

то-есть

$$AB / BC = AD / DE$$

Подставим сюда ранее известные величины:

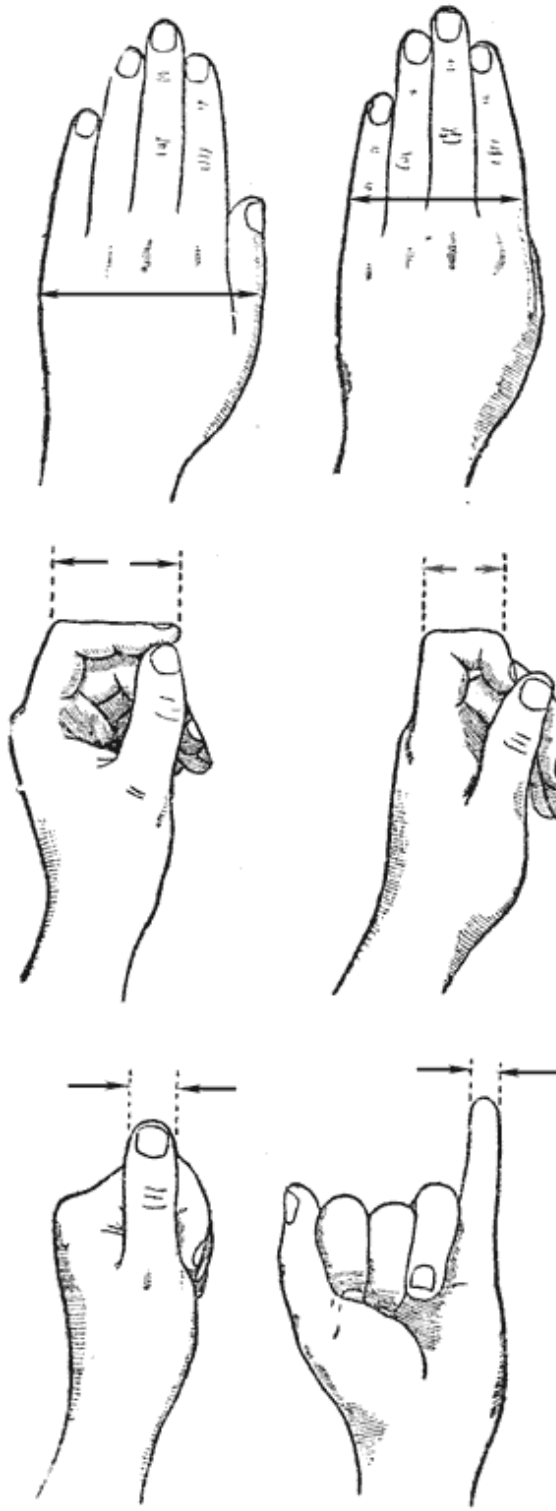
$$0{,}60 / 0{,}002 = AD / 2{,}2$$

Отсюда:

AD = (2,2 X 0,60) / 0,002 = 660 метрам.

Спичку можно заменить обыкновенной ученической линейкой с миллиметровыми делениями.

Если у вас под рукой не окажется ни спички, ни линейки, можно обойтись опять-таки собственными пальцами. Для этого надо заранее измерить и знать наизусть следующие шесть размеров на своей руке: 1) ширину ладони, 2) ширину ладони без большого пальца, 3) длину двух последних суставов указательного пальца, 4) длину второго сустава указательного пальца, 5) ширину большого пальца, 6) ширину мизинца.



Эти шесть размеров на своей руке надо знать наизусть.

Вы захотели узнать расстояние до пешехода. Вытяните руку, подберите из этих шести положений пальцев такое, чтобы пешеход был закрыт целиком. Рост человека и расстояние от глаза до вытянутой руки вам известны. Получились те же два подобных треугольника и та же пропорция, из которой нетрудно вычислить неизвестное расстояние.

Вполне понятно, что все эти способы измерения расстояний: шагами, глазомером или простейшими дальномерами — весьма неточны. Шаги дают ошибку в два-три шага на 100 метров, а эти дальномеры даже нельзя назвать измерителями расстояний. Тут просто приблизительно оцениваются расстояния. Например, в дальномере из спички получаются два подобных треугольника, у которых одна сторона в несколько сот раз короче двух других сторон. И по короткой стороне маленького треугольника требуется определить длинную сторону большого. Тут ошибка в 1 миллиметр вырастает до нескольких десятков метров. Но зато глазомер и дальномеры имеют громадное преимущество — быстроту, которая особенно важна в военном деле. Туристам, а также изыскателям всех специальностей часто тоже очень важна именно быстрота в определении расстояний.

Вешки

Давайте все-таки научимся более точно измерять линии. Это будет наш следующий урок по топографии.

Из геометрии вам известно, что кратчайшее расстояние между двумя точками есть прямая линия, но если вы начнете на местности любым способом измерять линию непосредственно, она обязательно пойдет у вас зигзагами или в середине отклонится в сторону.

Чтобы этого избежать, нужны **вешки**.

Вешки — это обыкновенные совершенно прямые палки толщиной 3 и длиной 150-200 сантиметров, с очищенной от коры верхушкой и заостренным нижним концом. Вешек нужно не менее четырех.

Топографы очень часто пользуются именно такими самодельными вешками, но лучше, если вы их разметите ножичком на двадцатисантиметровые отрезки и через каждый отрезок очистите кору. Полосатая вешка будет лучше видна издалека. Нижний конец вешки, чтобы он крепче втыкался в землю, желательно оковать листовым железом или обить жестью от консервной банки. Втыкать вешки надо коротким, резким движением руки.

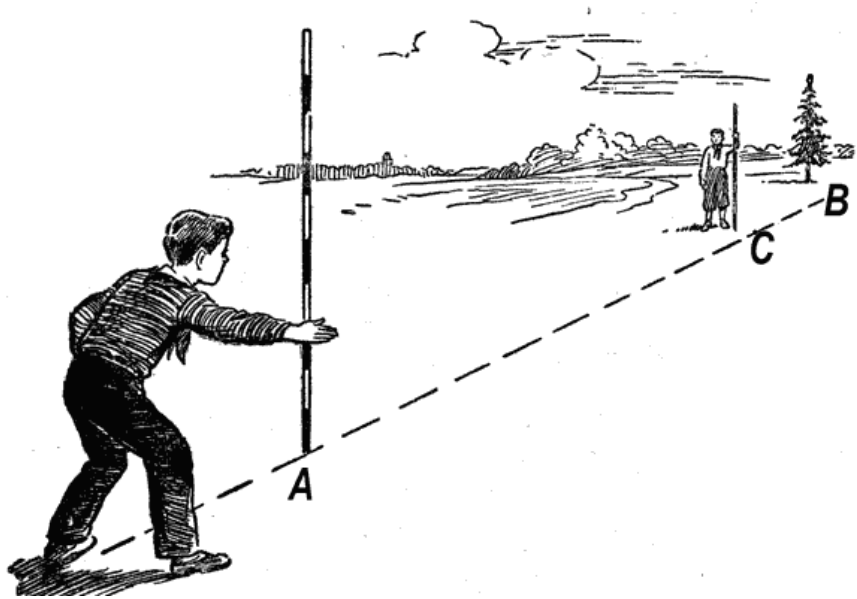
Может случиться, что земля окажется очень сухой и твердой. Тогда, чтобы поставить вешку, лучше заранее пробить в земле

отверстие с помощью деревянного кола или железного клина, забиваемого топором.

Вешить линию — это значит ставить вешки на одной прямой. Тут могут быть два случая.

1-й случай: «вешение от себя». Вам известна только начальная точка — колышек ***A***. Вы сами задаете примерное направление, по которому уже точно хотите провешить линию. Например, ваша воображаемая линия ***AB*** должна пройти немного правее дерева. Пусть один из вас отойдет с вешкой метров за 50. Сами отойдите от точки ***A*** шага на три в противоположную сторону и смотрите на вашего товарища с вешкой, которую он держит вертикально.

Оказывается, он немного отошел влево от воображаемой линии ***AB***; надо его подвинуть вправо. Выкиньте правую руку резко в сторону и держите ее до тех пор, пока вешка С не встанет на линии ***AB***, то-есть полностью не закроет собой точку ***B***. Если ваш товарищ перейдет линию ***AB***, тогда, опустив правую и выкинув в сторону левую руку, постарайтесь его поставить где нужно. Иногда приходится повторять сигналы рукой несколько раз.

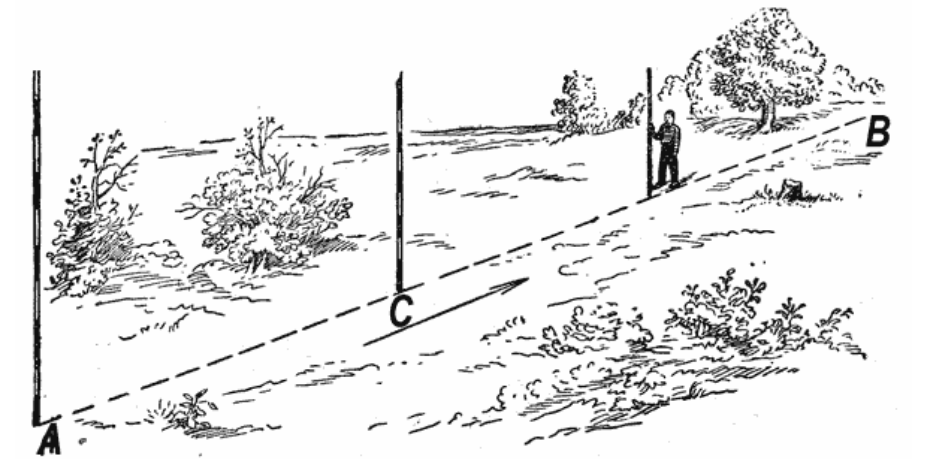


Ваша линия AB должна пройти немного правее дерева.

Когда вешка наконец встанет на линию ***AB***, резко взмахните

обеими руками сверху вниз в знак того, чтобы ваш товарищ воткнул вешку в землю.

Теперь сами воткните вешку в точку ***A***, забирайте остальные вешки и идите метров за 50 дальше точки ***C***. Вам надо поставить вешку на прямой линии ***ACB***, или, как говорят топографы, поставить ее **в створе** двух других вешек — ***A*** и ***C***. Поставьте ее так, чтобы она как раз закрыла собой вешки ***A*** и ***C***. Глядите при этом только одним глазом, а другой закройте. Не поленитесь отойти еще немного по линии ***AB***, присядьте на корточки и глядите только на низ вешки, так как верх может отклониться в сторону. Помните, что вы ставите вешку на глаз.



Вам надо поставить вешку в створе двух других вешек — A и C.

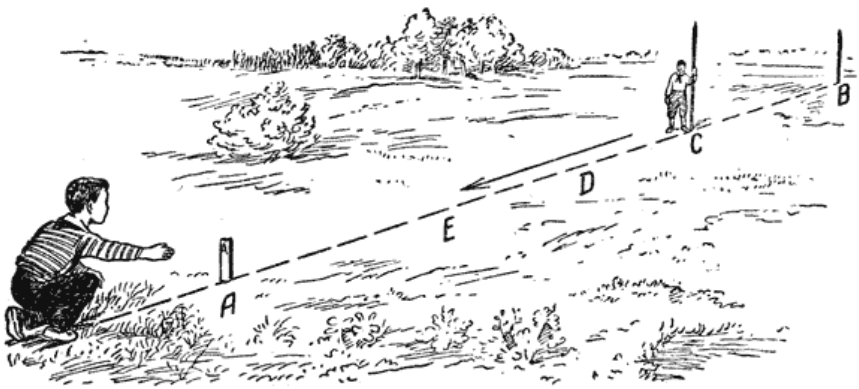
Опытные вешильщики ставят вешки в створе с точностью до нескольких миллиметров.

На ровном месте вешки ставятся примерно через 70 метров; при спуске с горы или при подъеме на гору их приходится ставить чаще. Прямую линию таким способом можно проводить на несколько километров. Так как вешек не будет хватать, задние можно постепенно снимать, а на их место втыкать длинные прутики или палочки — **заменки**.

Именно таким способом провешивается длинная прямая линия при рубке лесных просек, при производстве предварительных изысканий каких-либо трасс — железнодорожных, дорожных, высоковольтных передач и т. д. При окончательных изысканиях вешение проводится инструментально, так как даже опытный топограф не будет

уверен в своем глазе, и линия может постепенно и незаметно отклониться в сторону.

2-й случай: «вешение к себе». Вам известна не только начальная точка ***A***, но и конечная точка ***B***, которая видна из ***A***. Станьте опять-таки на расстоянии 3-5 метров по другую сторону ***A*** на продолжении линии ***AB***, а своего товарища пошлите с вешками к точке ***B***, в которой пусть он поставит первую вешку, а затем подойдет с остальными вешками метров на 70 поближе. Глядите через точку ***A*** на вешку ***B*** и поставьте вешку вашего товарища в створе, в точке ***C***, давая ему соответствующие сигналы руками. Затем пусть он подойдет еще ближе и поставит по вашим сигналам следующую вешку в точке ***B***, затем в точке ***E*** и т. д., пока не подойдет к вам.



Глядите через точку A на вешку B и поставьте вешку вашего товарища в створе, в точке C.

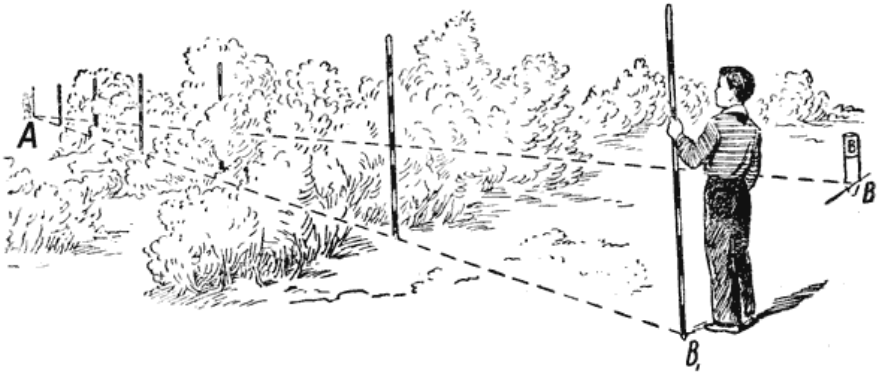
Всегда надо начинать ставить вешки с самой дальней; если ваш товарищ поставит сперва самую ближнюю, остальные вам поставить не удастся, так как ближняя вешка их заслонит.

Тут может возникнуть вопрос: а как попасть из точки ***A*** в точку ***B,*** если из одной не видно другую (например, между ними лес или кустарник)?

Поставьте вашего товарища в точку ***B,*** и пусть он засвистит или закричит, и тогда на звук его голоса дайте направление вешкам.

Предположим, по заданной по звуку линии вы не пришли вешками в точку ***B,*** а отклонились и попали в точку B_1, метров на 5 в сторону. Можно, несколько раз переставляя начальные (от

точки ***А)*** вешки, добиться того, что линия в конце концов пройдет очень близко от точки ***В***.



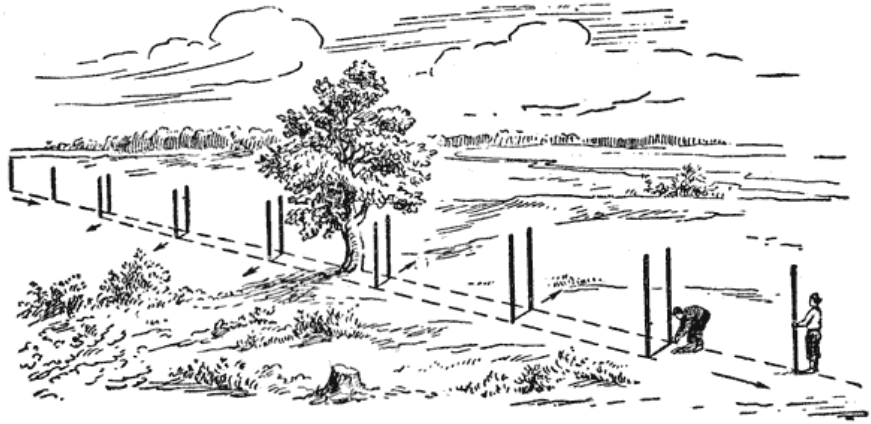
Вы не пришли вешками в точку B_1, а отклонились и попали в точку B

Может возникнуть еще вопрос: а как быть, если линия при вешении будет проходить через кустарник, а рубить кусты не разрешается? Попытайтесь кусты раздвинуть, сломить отдельные ветки, попробуйте вешки ставить почаще (метров через 20). Если же вешек все равно не будет видно, придется выбрать направление по другому, более открытому месту.

А как обойти дерево?

Предположим, что па вашей линии окажется дуб. Возьмите палочку длиной сантиметров 50. На длину этой палочки переставьте в сторону три последние вешки перед дубом, выправьте их, если они окажутся немного не в створе, и продолжайте вешить эту новую линию, которая будет параллельна первой. Когда вы минуете дуб не менее чем тремя вешками, переставьте их в обратную сторону на длину той же палочки. Переставленные вешки, очевидно, станут на продолжении первой линии, но уже по другую сторону дуба.

Дуб благополучно обойден, можно вешить линию дальше.



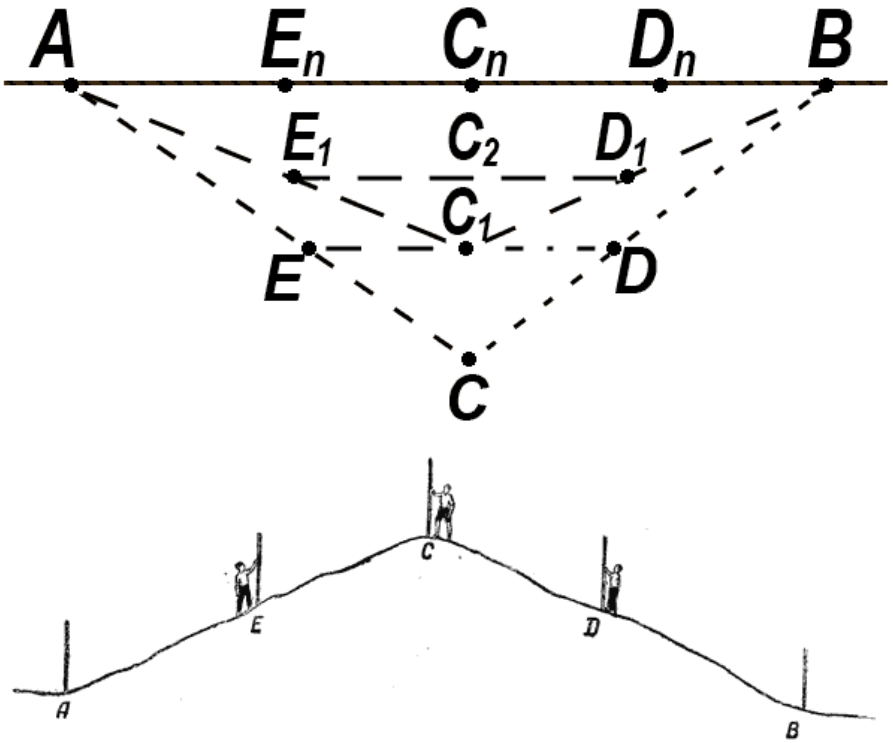
Дуб благополучно обойден, можно вешить линию дальше.

При вешении может встретиться и такой случай: вам необходимо провешить линию, идущую через гору; крайние вешки ***A*** и ***B*** на противоположных склонах горы уже стоят, но из одной точки не видно другую.

Вас обязательно должно быть трое — наблюдатель и два его помощника, — а вешек требуется пять. Пусть помощники станут возле вешек ***A*** и ***B,*** а наблюдатель с вешкой — в такой точке ***C*** на вершине горы, из которой ему хорошо будут видны обе вешки ***A*** *и* ***B.***

После этого наблюдатель перемещает вешку первого помощника по линии ***AC*** и ставит ее в какую-либо точку ***E.*** Точно так же он ставит вешку своего второго помощника в точке ***O*** по линии ***BC***. Теперь помощники переставляют вешку наблюдателя в точку C_1 по линии ***ED***, затем опять наблюдатель передвигает вешки помощников в точки E_1 и D_1 — по створам линий AC_1 и BC_1, затем снова помощники передвигают вешку наблюдателя уже в точку C_2 по линии E_1D_1.

В конце концов выяснится, что переставлять вешки уже не нужно, потому что они окажутся в точках E_nи D_nналинии ***AB***.



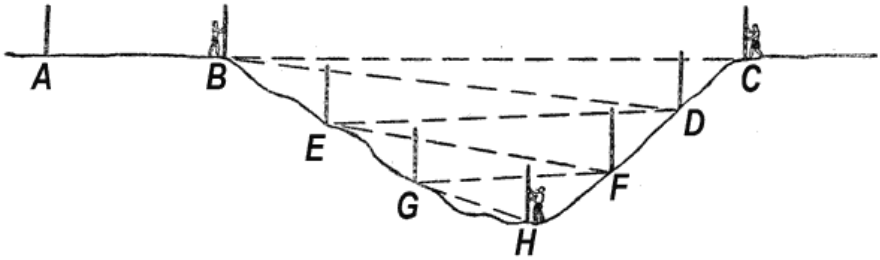
Вешение линии через гору. Вверху нарисована схема, показывающая последовательность перестановки вешек.

При такой перестановке вешек может получиться, что одному из помощников за горой будет видна только макушка вешки другого помощника. Следовательно, очень важно, чтобы вешки были прямые и ставились совершенно отвесно.

Вертикальность вешек можно проверять отвесом, то-есть каким-либо грузом, подвешенным на тонкой крепкой веревочке.

Как провешить линию, идущую через долину?

Если долина не шире 200 метров, следует сперва перейти на другой склон и поставить вешку ***C*** в створе вешек ***A*** и ***B***; после этого станьте сзади вешки ***C*** и выставляйте вешки обоих своих помощников на промежуточных точках поочередно в порядке алфавита, а сами при этом передвигайтесь сперва к вешке ***O***, потом к вешке ***B***. Последней ставится вешка ***H*** на дне долины.



Вешение линии через долину.

Так как вешить придется опять-таки по макушкам вешек, строго следите, чтобы они стояли отвесно.

Установка вешки по отвесу.

Не советую увлекаться провешиванием слишком длинных линий — измерять их и долго и скучно, да и отклониться в сторону на длинных линиях легче. Лучше всего, если ваши линии будут не длиннее 300 метров. Если же, наоборот, они окажутся меньше 50 метров, вешки следует заменить кольями длиной

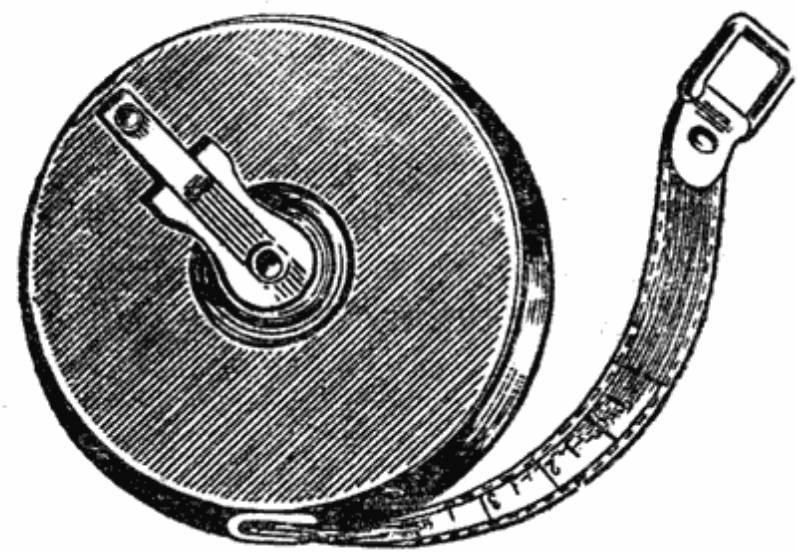
20-30 сантиметров.

Как измерять линии

Линии можно измерять простой веревкой длиной 10 или 20 метров, привязав на ней через каждый метр белые тряпочки, а на каждом пятом метре — красные и затянув на концах веревки петли. Именно веревка с узелками была основным прибором, который употреблялся при землемерии в древности и в средние века.

Существует своеобразная «инструкция» по межеванию времен царя Алексея Михайловича, где предлагается осторожнее обращаться с веревкой, так как она, особенно от сырости, легко может вытягиваться и рваться.

Вытягиваться 10-метровая веревка при натяжении может на 20 сантиметров и больше. Следовательно, это дает ошибку на 100 метров — 2 метра. Конечно, это очень плохо. Надо постараться достать где-нибудь **рулетку**, иначе вы не сумеете по-настоящему заняться топографией.

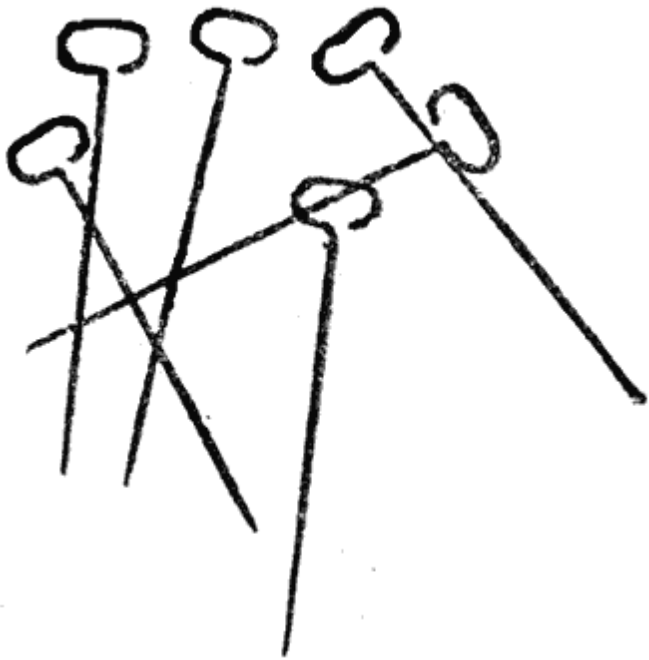


Рулетка.

Рулетка — это лента из крепкого полотна, вываренного в масле, или из тонкой стали длиной 10 пли 20 метров с нанесенными на ней делениями — метрами, дециметрами и

сантиметрами. Рулетка может свертываться в круглую коробочку. Ноль на рулетке находится возле наружного ее конца, последний — десятый или двадцатый — метр закреплен наглухо внутри коробочки.

Перед началом работ нарубите из толстой проволоки диаметром 3-5 миллиметров шпильки. Заострите один их конец и закрутите другой так, чтобы длина готовой шпильки равнялась 20-30 сантиметрам.



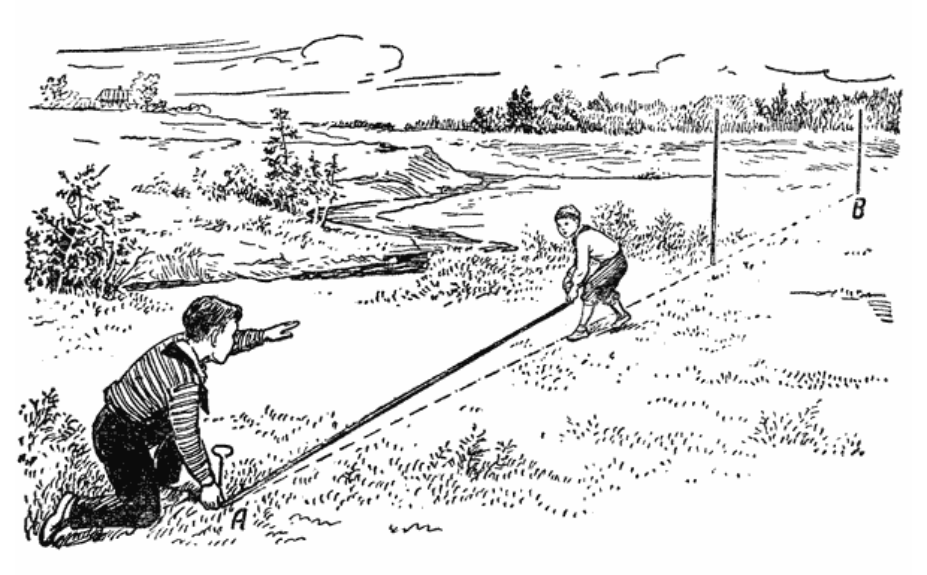
Шпильки.

Для 10-метровой рулетки таких шпилек нужно одиннадцать, для 20-метровой — шесть, но вы их заготовьте побольше, так как они легко теряются.

Итак, приступайте к измерению линии ***AB***, на которой уже расставлены вешки. Предположим, что у вас рулетка полотняная 20-метровая. Вас двое. Назовем одного задним мерщиком, другого — передним. Задний легонько втыкает рукой шпильку в точке ***A*** или чуть правее, становится на колено и правой рукой приставляет ноль рулетки к шпильке.

Передний берет остальные пять шпилек, тг коробку рулетки и идет по линии ***AB***, распуская ленту до 20-го метра. Задний, продолжая держать ноль в правой руке у шпильки ***A***, движениями

левой руки направляет переднего точно по линии ***AB***. Сигналы надо давать только движениями руки. Если вы начнете говорить «правее», «левее», то только собьете своего товарища, который повернулся лицом к вам.



Задний направляет переднего точно по линии AB.

Передний, глядя на сигналы заднего, подвигается к линии ***AB*** и встряхивает рулетку, следя за тем, чтобы лента легла прямо и не цеплялась за траву. При этом он слегка ее натягивает. Туго натягивать ни в коем случае нельзя, так как полотняная лента может растягиваться.

Наконец лента лежит по вешкам правильно. Задний мерщик кричит: «Есть!», тогда передний быстро втыкает шпильку точно у 20-го метра рулетки и идет дальше. Задний вытаскивает шпильку у точки ***A*** и, не отпуская ноля рулетки, идет следом за передним, подходит к шпильке, только что поставленной передним, и командует: «Стой!»; затем он прикладывает ноль рулетки к этой шпильке и снова ставит переднего по вешкам, по линии ***AB***.

Таким путем прокладывается одна лента за другой, до тех пор пока все шесть шпилек не окажутся у заднего мерщика. Тогда задний передает пять шпилек переднему (шестая остается воткнутой в землю), и измерение продолжается. Нетрудно догадаться, что передачи шпилек происходят через каждые 100 метров.

Наконец вы подходите к точке ***B***, последнюю ленту передний

мерщик должен протянуть мимо ***B***, затем вернуться и, пока задний держит еще ноль рулетки у последней шпильки, приложить к точке ***B*** ленту и посмотреть, на каком метре пришлась точка В, или, как говорят топографы, «взять отсчет» по ленте с точностью до сантиметра, после чего он спрашивает заднего, сколько шпилек у того в руке (шпилька, воткнутая в землю, не считается).

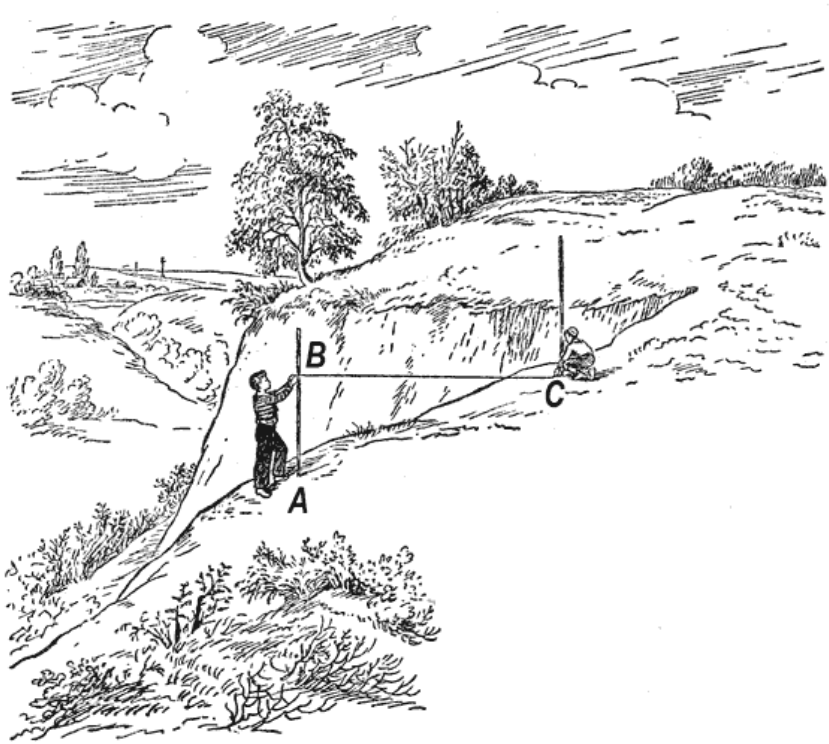
Предположим, отсчет получился равным 6 метрам 56 сантиметрам, шпилек в руках у заднего мерщика оказалось две, и менялся он шпильками с передним один раз. Чему же равна вся длина ***AB***?

Одна передача шпилек..... 100,00 метров
Две шпильки в руках у заднего (20 + 20)....40,00 метров
Остаток на последней ленте..... 6,56 метра

_____
Итого .....146,56 метра

Теперь попятно, почему нужно шесть или одиннадцать шпилек: одна всегда остается воткнутой в землю, чтобы не терять непрерывности измерения, а остальные нужны для счета прокинутых лент. Причем этот счет идет чисто автоматически: надо только считать передачи шпилек, проверять количество шпилек при передаче и заднему не забывать вытаскивать шпильки. Если аккуратно соблюдать эти правила, вы никогда не ошибетесь при измерениях линий.

А как быть, если ваша линия идет в гору? Если гора отлогая, не смущайтесь этим и продолжайте измерять линии, как на ровном участке; если же гора крутая, необходимо один конец ленты приподнять и подставить к нему вертикально поставленную вешку. Приподнимать конец надо до тех пор, пока лента не будет казаться горизонтальной. Иначе говоря, надо мерить линии не по гипотенузе АС (плашмя по земле), а по катету ВС. Если лента в середине будет провисать, лучше приподнимать ее по частям — 10- или 5-метровыми отрезками.



Так, ступеньками, измеряется линия, идущая в гору.

Если же ваша линия переходит через узкий овраг, перекиньте ленту и протяните ее от одного края до другого.

О рулетке я написал довольно много, но не пугайтесь, если вам не сразу все будет ясно, а лучше выходите из дому на улицу, в поле, к реке, начинайте измерять линии, и вы легко всё поймете.

Обычно топографы употребляют рулетку только при измерениях коротких вспомогательных линий — длиной до 20 метров. В большом ходу рулетка на строительствах; она есть у каждого прораба и десятника.

Ковылек

А как быть, если вы не сумели достать рулетку? Предлагаю вам другой прибор, который очень легко можно сделать самому из трех палок и трех гвоздей. Это так называемый **ковылек**. Устройство его понятно из рисунка.

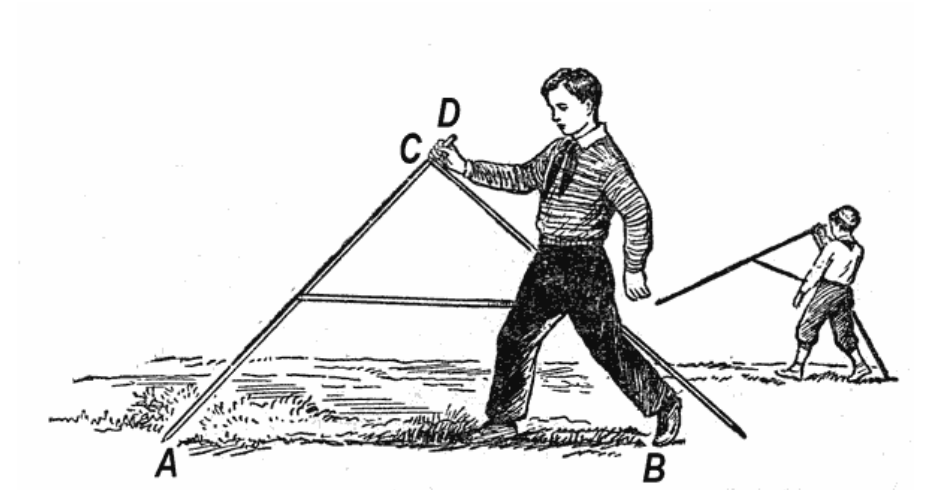
Измерять ковыльком расстояния гораздо быстрее, но менее точно. Вообще в топографии зачастую получается так: чем быстрее проводится измерение, тем менее точны его результаты.

Но зато у ковылька есть другие преимущества. Не забывайте, что измерять рулеткой длинные линии — занятие довольно скучноватое: то и дело приходится нагибаться, присаживаться на корточки, расправлять петли. А ковыльком мерить очень интересно: вы бежите с ним, ваши движения строго ритмичны и четки. Считать под шаги ковылька очень легко, только следите, чтобы он не шагал зигзагами.

Потом даже если вы и достанете рулетку, то только одну, а ковыльков вы сколотите столько, сколько ребят хочет участвовать в съемках. Понятно, что ваши измерения пойдут быстрее.

Наконец вы можете брать с собой и рулетку и ковылек. Рулеткой вы будете измерять основные линии, а все остальные — ковыльком.

Ковылек — очень распространенный измерительный прибор в сельском хозяйстве. Он является неизменным спутником колхозных бригадиров и учетчиков при ежедневном подсчете площадей участков, вспаханных трактором, убранных комбайном и т. д.



Так измеряют линии с помощью ковылька.

В ковыльке для взрослых размер ***AB*** равен 2 метрам. Боюсь, что вам с ним неудобно будет шагать. Советую сделать ковылек уменьшенных размеров: ***AB*** = 170, ***AD*** = 130, ***BC*** = 120 сантиметров. Концы ***A*** и ***B*** заострите — срежьте на конус. Когда будете сбивать ковылек гвоздями, постарайтесь как можно точнее

отмерить размер ***AB***. Ведь ошибка в 1 сантиметр даст на 100 метров расхождение в 60 сантиметров.

Ясно, что длина измеренной линии равняется числу шагов ковылька, умноженному на 170 сантиметров, плюс последний отрезок. Этот отрезок или определите на глаз, или измерьте отдельно рулеткой, складным метром или портновским сантиметром.

Для скорости вычислений советую заранее составить специальную таблицу перевода числа шагов ковылька в метры.

Решение задач с помощью рулетки

Сколько удовольствия может доставить геометрия на практике — возле дома, в поле, у реки! Линии, на концах которых оказываются не буквы, а вешки, оживают, становятся осязаемыми С помощью рулетки, вешек и простейших самодельных приборов можно решать разные геометрические задачи: восстанавливать перпендикуляры, узнавать ширину реки и, наконец, заняться съемкой плана пионерлагеря.

Дальше в книжке будет говориться о геометрии на практике. Я разберу с вами несколько задач[9].

Эти задачи интересно решать в поле, а не читать о них, сидя за столом.

Организуйте в вашей школе или в пионерском лагере топографический кружок. Предположим, что желающих заниматься топографией оказалось 35 человек.

Разбейтесь на звенья по 3-6 человек. Выберите старших — звеньевых, которые распределят между остальными ребятами определенные обязанности. Пусть один будет идти впереди с вешками (вешильщик), двое будут измерять расстояния рулеткой, Двое — ковыльком (мерщики), один или двое будут записывать и рисовать, один будет заколачивать колышки, один собирать вешки и т. д. И эти свои обязанности ребята пусть не меняют.

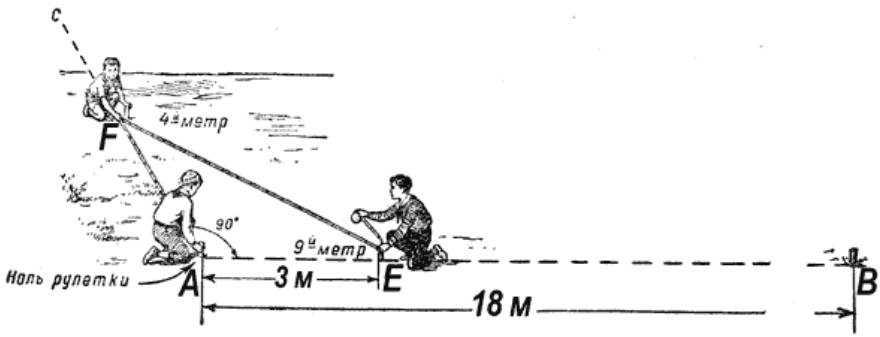
Звенья могут заниматься на разных участках, а могут, наоборот, и на одном и том же участке. Тогда, по окончании занятий, можно будет сравнивать, у какого звена получились лучшие результаты.

Разбивка волейбольной площадки. В пионерском лагере понадобилось разбить волейбольную площадку размером 18 X 9 метров. Можно, конечно, сделать это на глазок, а можно и более точно, с помощью рулетки.

Помните теорему Пифагора — сумма квадратов катетов равна квадрату гипотенузы? Есть такой прямоугольный

треугольник, у которого катеты равны 3 и 4 единицам, а гипотенуза — 5. Этот треугольник называется египетским, потому что соотношение его сторон было известно еще в древнем Египте.

Отмерим сперва линию ***AB*** — 18 метров и отметим на ней на расстоянии 3 метров от ***A*** точку ***E***. В точках ***A***, ***B***, ***E*** забьем колышки. Пусть один из вас держит ноль рулетки у колышка ***A***, другой возьмет ленту за 9-й метр и приставит ее к точке ***E***, а третий возьмет ленту за 4-й метр, согнет ее и оттянет в сторону ***AC***; лента неизбежно попадет своим 4-м метром в точку ***F***. Забив в точке ***F*** колышек, нетрудно убедиться, что угол ***FAE*** будет прямым.



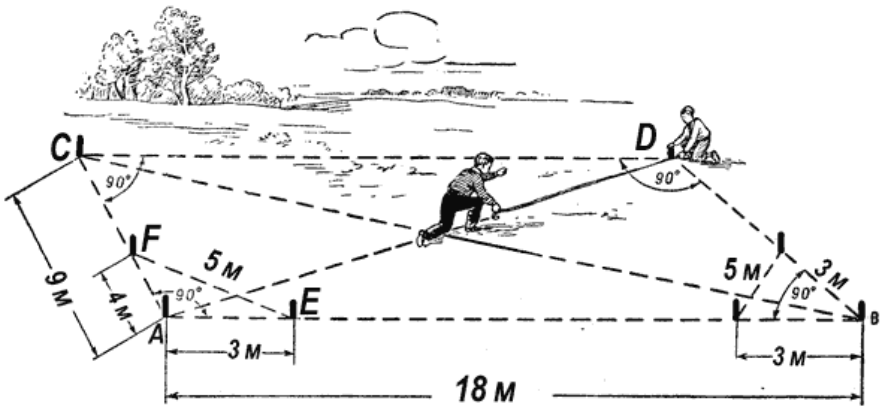
Восстановление перпендикуляра способом египетского треугольника.

Ясно, чтобы получить точку ***C***, надо продолжить рулеткой линию ***AF*** еще на 5 метров и поставить колышек ***C*** в створе колышков ***A*** и ***F***.

Точно так же восстановим другой перпендикуляр, из точки ***B***, и получим точку ***D***.

Три стороны у нас измерены. Четвертую — ***CD*** — для контроля тоже необходимо измерить. Также необходимо измерить обе диагонали: ***AD*** и ***BC*** (которые в прямоугольнике должны быть равны).

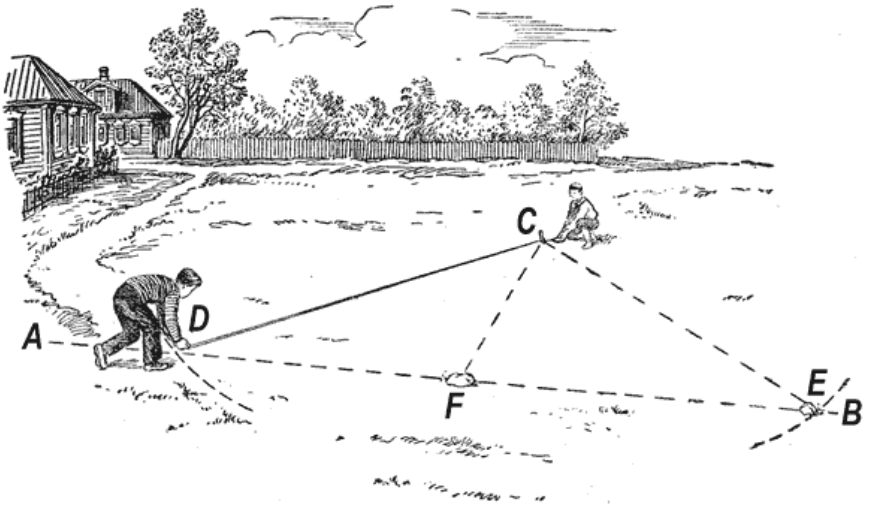
Если все эти контрольные измерения дадут ошибку менее 10 сантиметров, можно, переставляя немного колышки, добиться того, что разбивка волейбольной площадки по всем размерам — и основным и контрольным — будет вполне удовлетворительна.



Контрольное измерение диагонали.

Если у вас рулетка 20-метровая, берите стороны треугольника соответственно вдвое больше: 10, 8 и 6 метров.

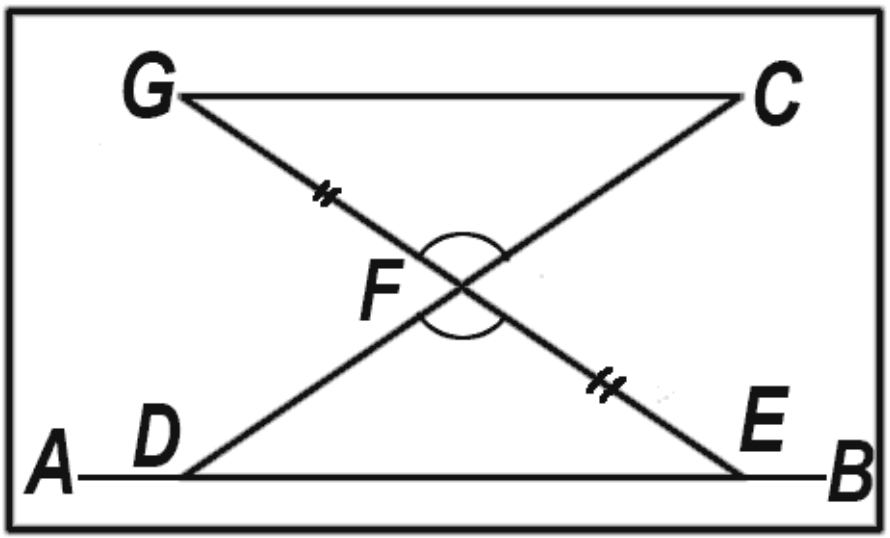
Опускание перпендикуляра. В том же пионерском лагере понадобилось при разбивке цветников опустить перпендикуляр из определенной точки ***C*** на линию ***AB***.



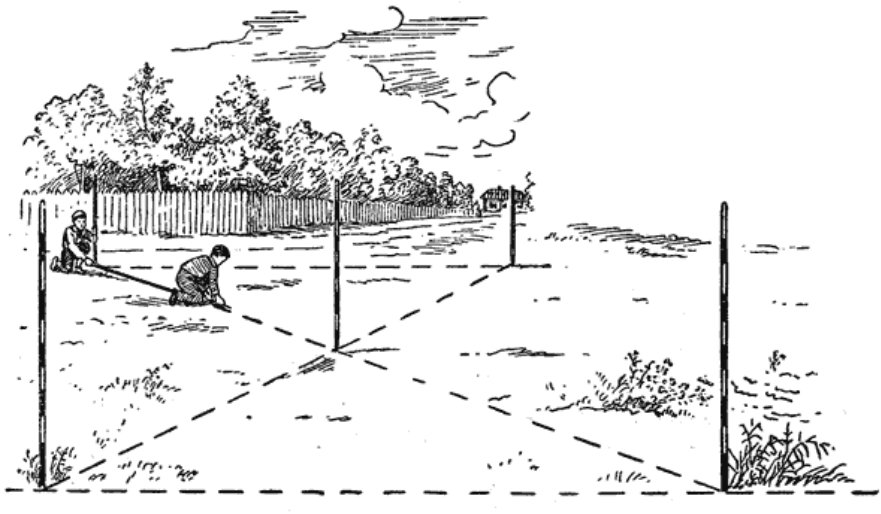
Опускание перпендикуляра из точки C на линию AB.

Пусть один из вас держит конец рулетки в точке ***C***, а другой возьмется за коробку рулетки, развернет ленту и проведет ею дугу, как бы огромным циркулем. Эта дуга пересечет линию ***AB*** в двух точках: ***0*** и ***E***. Разделите линию ***DE*** пополам и получите линию ***CF***, перпендикулярную ***AB*** (потому что линия ***CF*** соединяет середину хорды ***DE*** с центром круга — точкой ***C***).

Проведение параллельной линии. В пионерском лагере может встретиться и такая задача: параллельно дорожке ***AB*** надо провести другую дорожку, проходящую через точку ***C***.



Выберите на дорожке ***AB*** какие-нибудь точки ***D*** и ***E***, измерьте линию ***CD*** и в середине ее поставьте вешку ***F***, затем измерьте линию ***EF***, провешите ее дальше и на этом продолжении отложите отрезок ***FG***, равный ***EF***. Получилось два равных треугольника (так как две стороны и угол между ними равны). Значит, $\angle E = \angle C$ и $\angle D = \angle C$, а если так, то линии ***AB*** и ***CG*** параллельны.



Проведение параллельной линии.

В задачах с одной рулеткой вы, очевидно, чувствуете некоторую громоздкость всех построений, особенно в случае параллельных линий, а перпендикуляры с помощью рулетки можно восстанавливать и опускать только короткие; 9-метровые перпендикуляры при разбивке волейбольной площадки уже чересчур длинны. Для построения коротких перпендикуляров топографы очень часто употребляют способ египетского треугольника. Ну, а как же быть, если вам понадобится разбить настоящее футбольное поле?

Эккер

Вашим первым самодельным угломерным инструментом будет **эккер**[10], которым можно измерять и строить на местности углы в 90°, то-есть прямые, и в 45°.

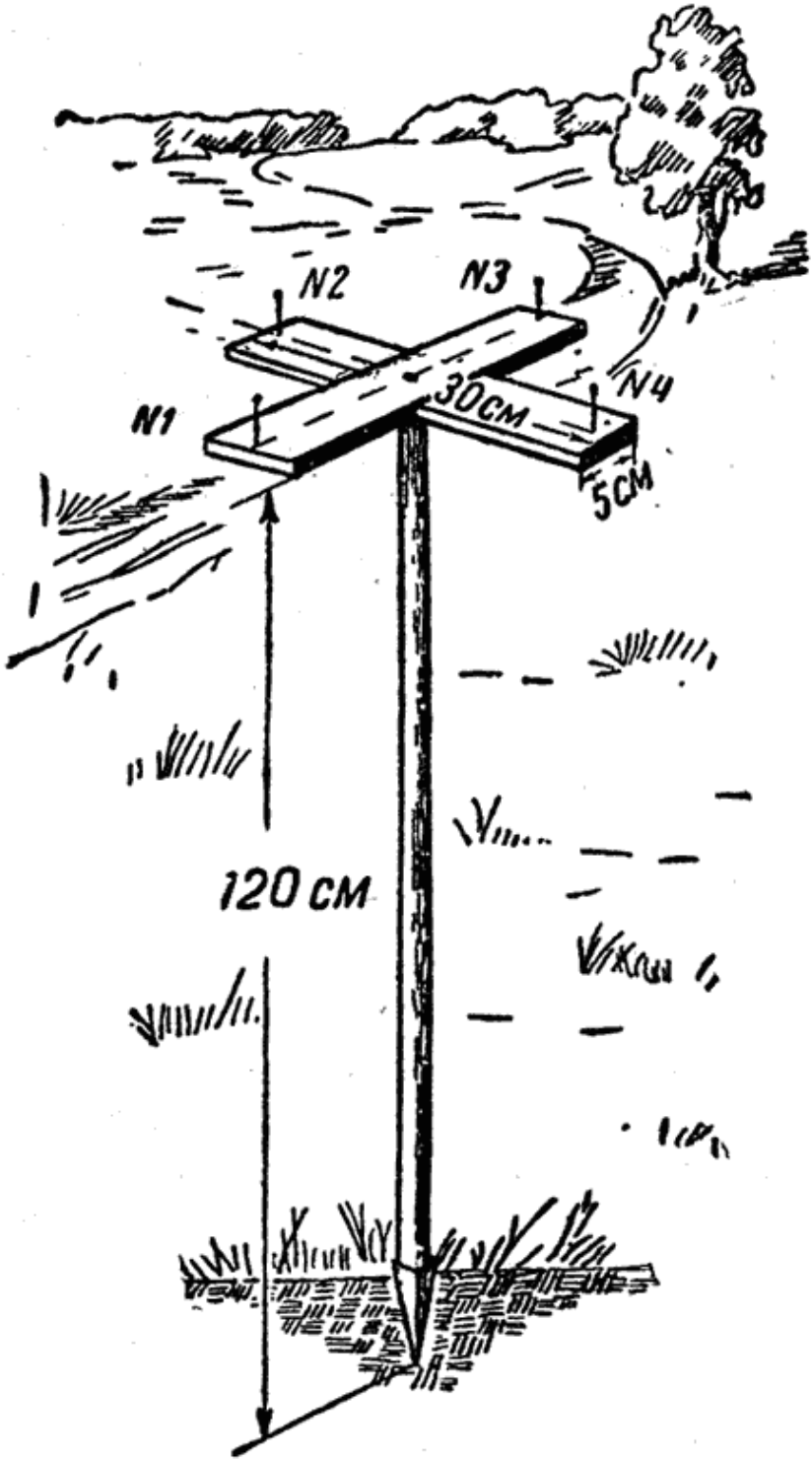
Эккер очень легко сделать самому.

Возьмите две гладко обструганные дощечки длиной 30 сантиметров и шириной 5 сантиметров, сделайте в середине их поперечные выемки таким образом, чтобы дощечки можно было вставить друг в друга крест-накрест, наподобие крестовины у новогодней елки. Возьмите крепкую прямую палку длиной 110-130 сантиметров (в зависимости от вашего роста), заострите и обейте жестью ее нижний конец, как у вешки. Насадите тем или иным способом центр крестовины на палку. Затем с помощью

циркуля или угольника нанесите карандашом на крестовине две перпендикулярные линии, проходящие через середины дощечек и пересекающиеся в центре крестовины. Во все четыре конца ваших линий воткните по булавке. Расстояние от всех четырех булавок до перекрестка линий должно быть совершенно одинаково; булавки должны стоять строго вертикально.

Эккер у вас готов. Его остается только, как говорят топографы, **поверить**, то-есть надо убедиться, действительно ли все четыре его угла прямые.

Для этого воткните эккер где-нибудь на ровном месте и тщательно выправьте палку, чтобы крестовина эккера на глаз казалась горизонтальной. Теперь пусть ваш товарищ возьмет вешку и отойдет в сторону метров на 50. Нагнитесь к эккеру, смотрите одним глазом вдоль двух булавок (№ 1 и № 3), а другой глаз закройте, и пусть по вашим сигналам ваш товарищ поставит вешку в створе этих булавок. Точно так же ставится и вторая вешка, но уже в створе перпендикулярном, по двум другим булавкам (№ 2 и № 4).


N2
N3
N1
N4
30см
5см
120 см

Эккер.

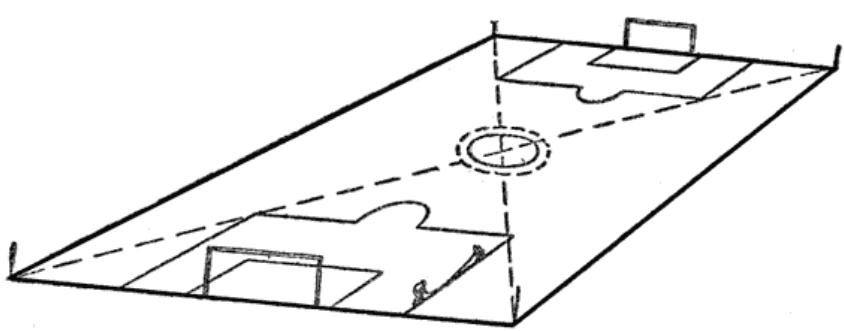
Казалось бы, на местности у вас должен получиться прямой угол. Чтобы убедиться в этом, надо сам эккер осторожно, не шатая палки, повернуть на 90°. Если вешки продолжают оставаться в обоих створах булавок, или, как говорят топографы, вешки «**бьют**», значит углы эккера действительно прямые. Если же одна из вешек не «бьет» и оказалась в стороне, придется переставить булавки. Переставляйте булавки до тех пор, пока не добьетесь того, что все углы эккера будут действительно прямые.

Рассказывая о поверке эккера, я попутно объяснил, как восстанавливаются перпендикуляры длиной до 50-70 метров. При более длинных перпендикулярах, когда требуется поставить на одной прямой две или больше вешек, их надо устанавливать по булавкам, начиная с самой дальней, то-есть способом вешения к себе, о котором я уже говорил.

Угол в 45° строится на местности так: одну линию провешите по булавкам № 1 и № 3, а другую — по булавкам № 1 и № 2 (или № 1 и № 4); учтите, что вершина угла будет при этом не в центре эккера, а под булавкой № 1.

Решение задач с помощью эккера

Разбивка футбольного поля. Теперь мы без особых затруднений сумеем, если понадобится, разбить и футбольное поле, размеры которого равны 100 X 75 метров.



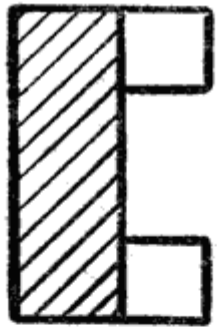
Разбивка футбольного поля

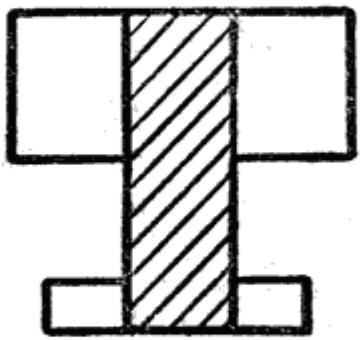
Сперва провешим и отмерим 100-метровую линию, от концов которой эккером восстановим 75-метровые перпендикуляры[11]. Далее поступим так же, как и при разбивке волейбольной площадки, то-есть для контроля измерим вторую длинную сторону и обе диагонали получившегося прямоугольника.

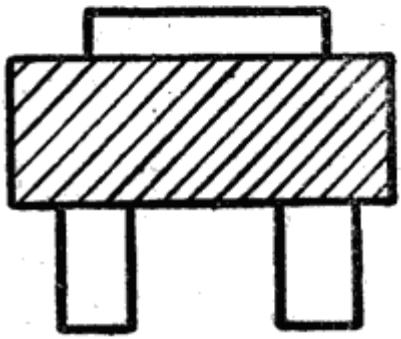
Теоретически мы знаем (из теоремы Пифагора), чему должна быть равна длина каждой диагонали: $\sqrt{75{,}00^2 + 100{,}00^2} = 125{,}00$ метра; практически диагонали могут оказаться немного короче или длиннее; руководствуясь этой разницей, можно сообразить, куда и насколько переставить вешки, чтобы у нас действительно получился правильный прямоугольник.

Теперь, когда на углах футбольного поля вешки уже стоят, можно приступить к разбивке только одной рулеткой штрафных площадок, центрального круга, линий границы поля, ворот.

Таким же образом, как футбольное поле, можно разбить спортивную площадку, дорожки в парке, здание, которое собираются строить, даже целиком весь пионерский лагерь. Если контуры, подлежащие разбивке, представляют более сложную фигуру, но с прямыми углами, необходимо выделить из этой фигуры основной прямоугольник и на нем уже построить остальные детали. Ни в коем случае не разбивайте в один прием такую сложную фигуру, втыкая эккер по очереди во все углы; тогда ошибка у вас неизбежно нарастет и вы никогда не попадете в ту точку, от которой начали разбивку.







Разбивка сложных фигур. Заштрихованные контуры разбиваются в первую очередь.

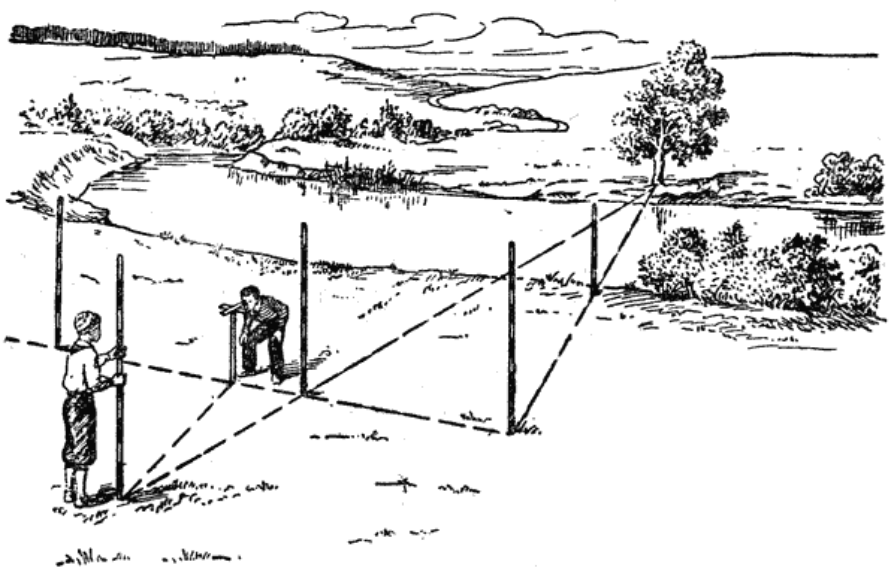
Определение ширины реки. Вы каждый день купаетесь и, однако, не знаете, чему равна ширина вашей реки. Хотите решить эту задачу, не переплывая на другой берег?

Предлагаю вам на выбор три способа.

1-й способ. Заметьте на противоположном берегу точку ***A***.

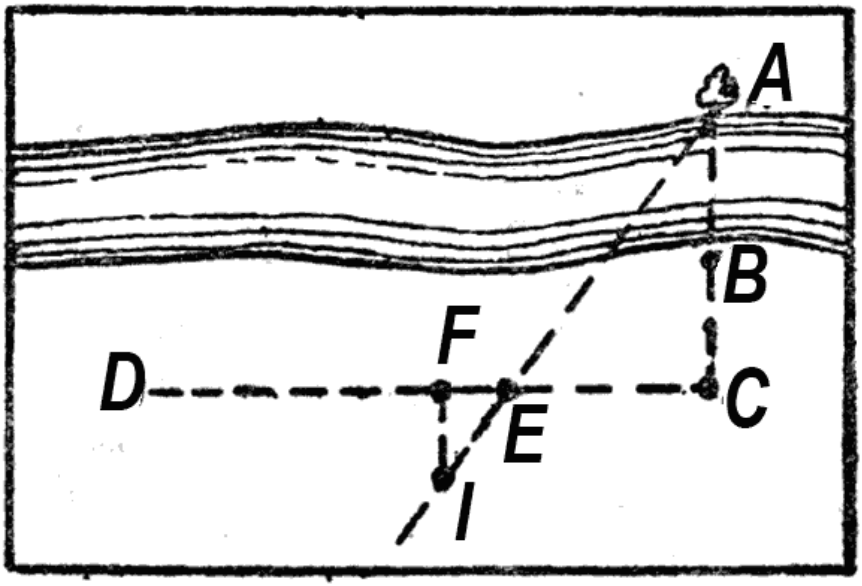
Пусть это будет дерево. Вам надо определить ширину реки ***AB***. Воткните в точку ***B*** вешку, а эккер поставьте на продолжении линии ***AB*** в какой-нибудь точке ***C***. Теперь, не поворачивая эккера, поставьте вашего товарища с вешкой в точке ***D***, которая лежит на прямой, перпендикулярной ***AC***. Отмерьте на линии ***CD*** два произвольных расстояния ***CE*** и ***EF***, но так, чтобы ***EF*** было в четыре раза меньше ***CE***. В точке ***E*** поставьте вешку, а сами идите с эккером в точку ***F*** и восстановите из этой точки другой перпендикуляр, в сторону от реки. Смотрите через булавки эккера по линии этого перпендикуляра, по которой с вешкой в руках медленно двигается ваш товарищ. Он не только двигается, следя за вашими сигналами, но и ищет точку, которая одновременно находилась бы и на продолжении линии ***AE***.

Пусть эта точка будет ***I***.



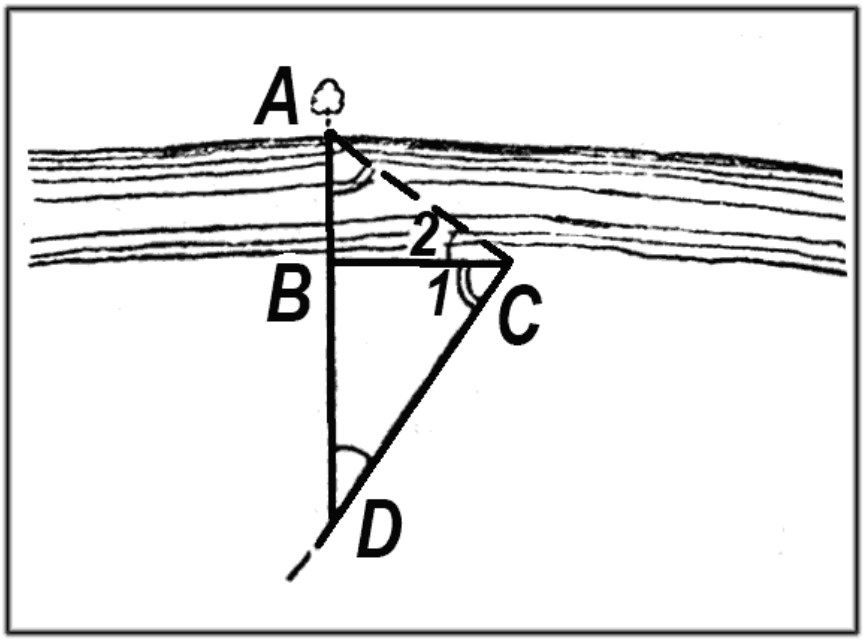
Определение ширины реки — первый способ.

У вас получились два подобных прямоугольных треугольника: ***ACE*** и ***EFI*** (у них все углы соответственно равны).

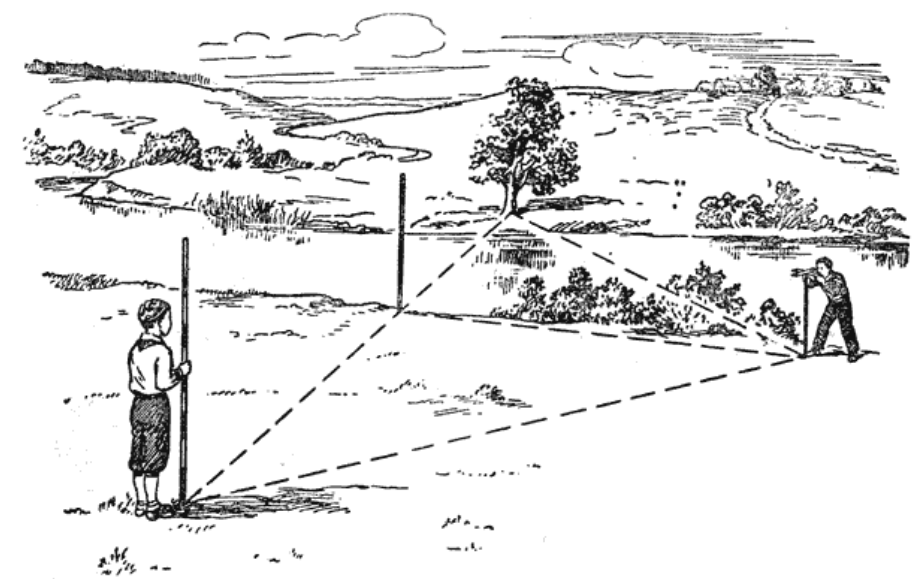


Раз линия ***EF*** в четыре раза меньше ***CE***, значит и линия *FI* меньше ***AC*** в четыре раза. Помножьте ***FI*** на 4, и вы получите ***AC***, а отняв отсюда ***BC***, узнаете ***AB***, то-есть ширину реки.

2-й способ. Требуется определить ширину реки ***AB***. Восстановите эккером из точки ***B*** перпендикуляр, поставьте на нем в любой точке вешку ***C*** и из этой точки восстановите другой перпендикуляр, к линии ***AC***. Найдите на нем такую точку ***D***, которая одновременно бы находилась и в створе ***AB***. Прямой угол ***C*** разделяется на два угла — ***1*** и ***2***, которые, естественно, в сумме равны 90°. С другой стороны, и углы ***1*** и ***D*** также в сумме равны 90°, как два острых угла одного и того же прямоугольного треугольника ***BCD***. Значит, $\angle D = \angle 2$, а тогда $\angle 1 = \angle A$. А если так, то оба треугольника: ***ABC*** и ***BCD***, имеющие три равных угла, подобны. Поэтому $AB/BC = BC/BD$, откуда $AB = BC^2/BD$.



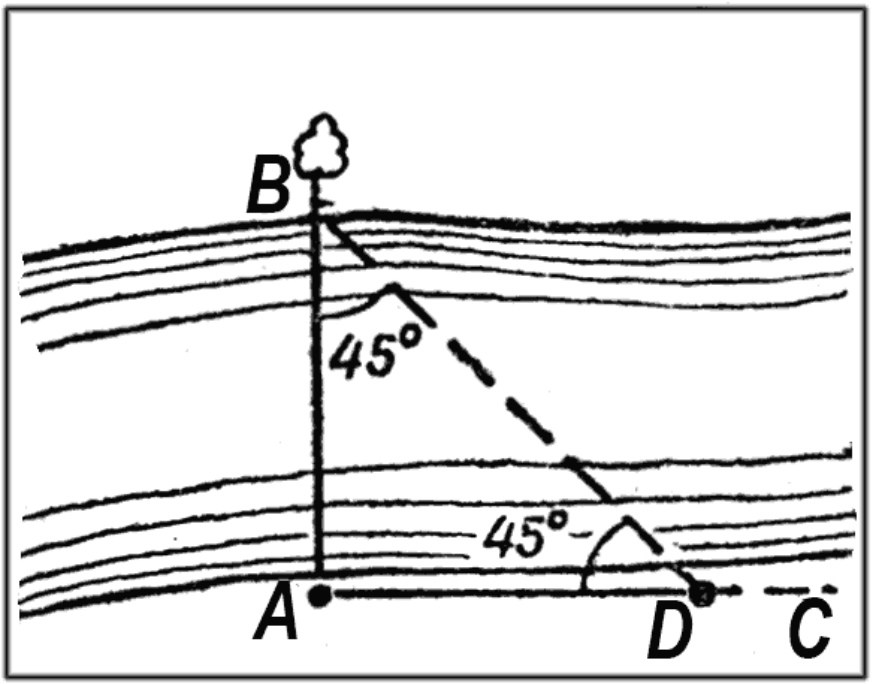
Измерьте рулеткой линии ***BC*** и ***BO*** и, подставив эти измеренные величины в ваше уравнение, вычислите величину ***AB***, то-есть ширину реки.



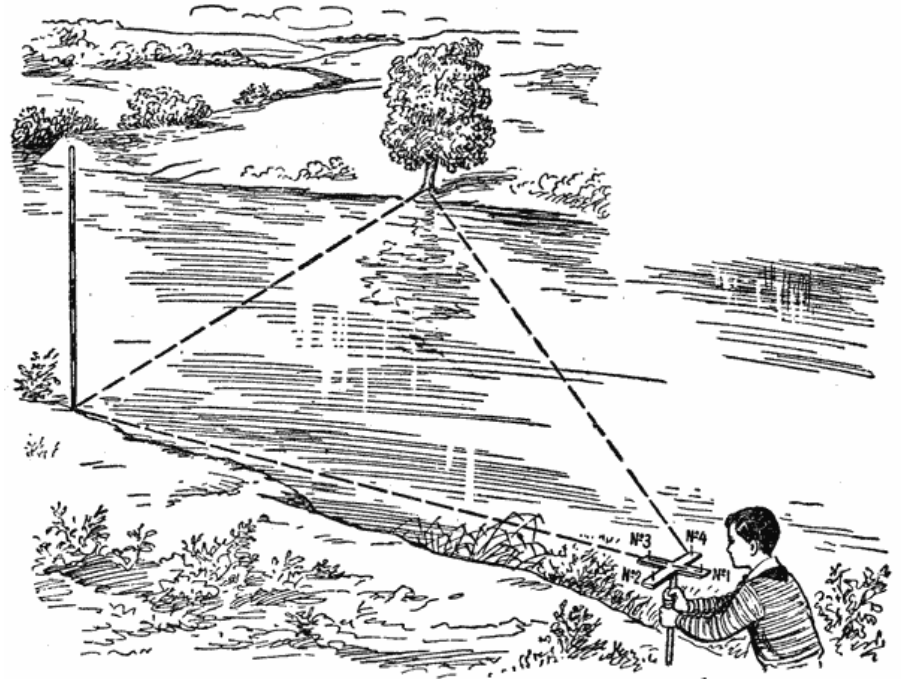
Определение ширины реки — второй способ.

3-й способ. Требуется определить ширину реки ***AB***.

Восстановите из точки ***A*** перпендикуляр ***AC*** и идите по нему с эккером до тех пор, пока не удастся найти такую точку ***D***, чтобы угол ***ADB*** равнялся 45°. Следовательно, у вас получился равнобедренный прямоугольный треугольник ***ABD***, в котором ***AB*** = ***AD***.



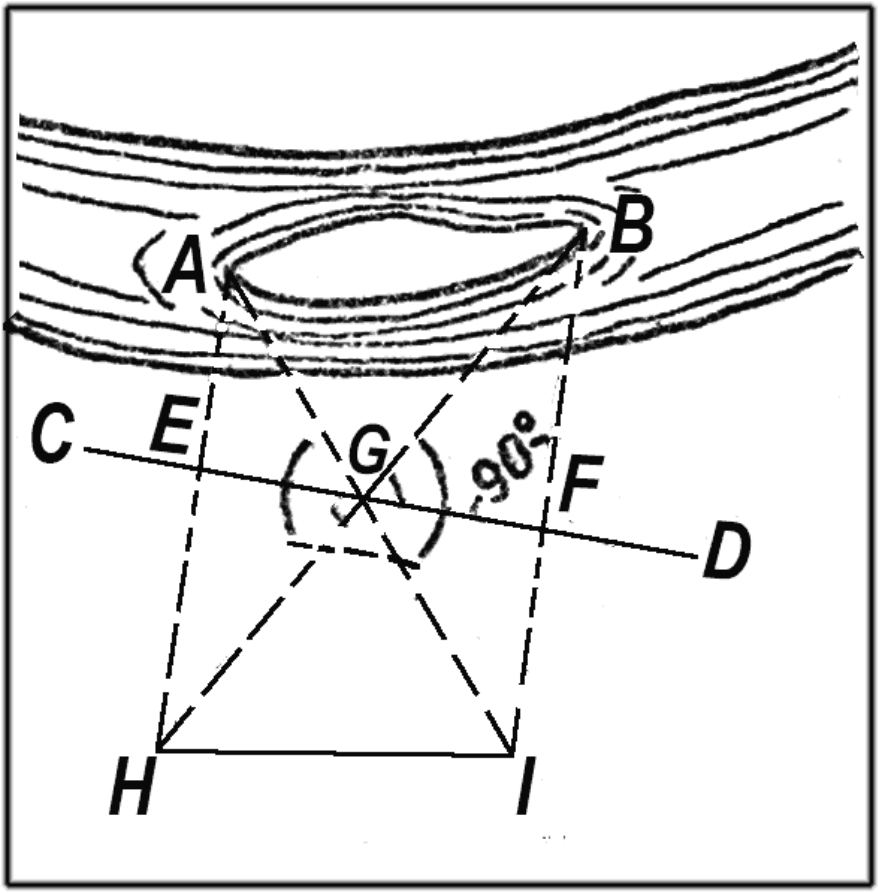
Измерьте AO, и ваша задача решена.



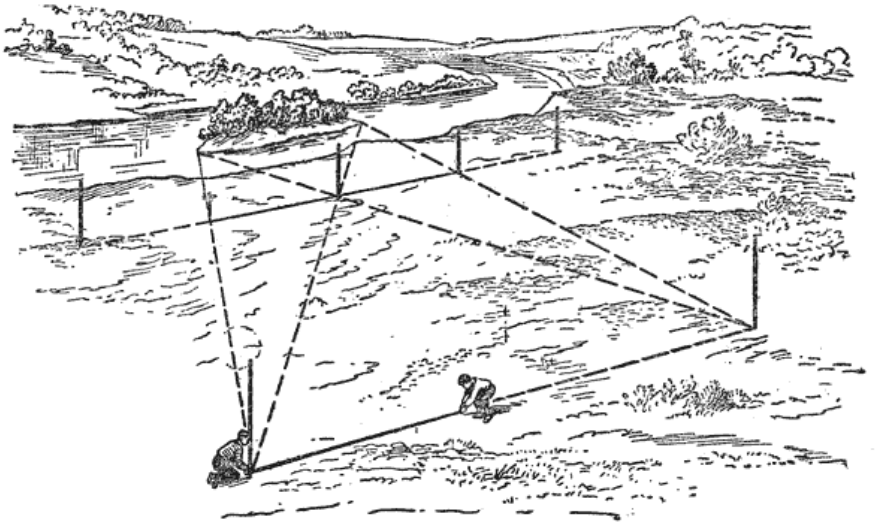
Определение ширины реки — третий способ.

Какой способ лучше, все зависит от характера вашего берега. Надо выбрать тот способ, при котором ничто не мешало бы измерениям — ни кусты, ни болото, ни крутые обрывы.

Определение длины острова. Посреди реки лежит остров. Попробуйте определить, какой он длины, то-есть величину ***AB***.



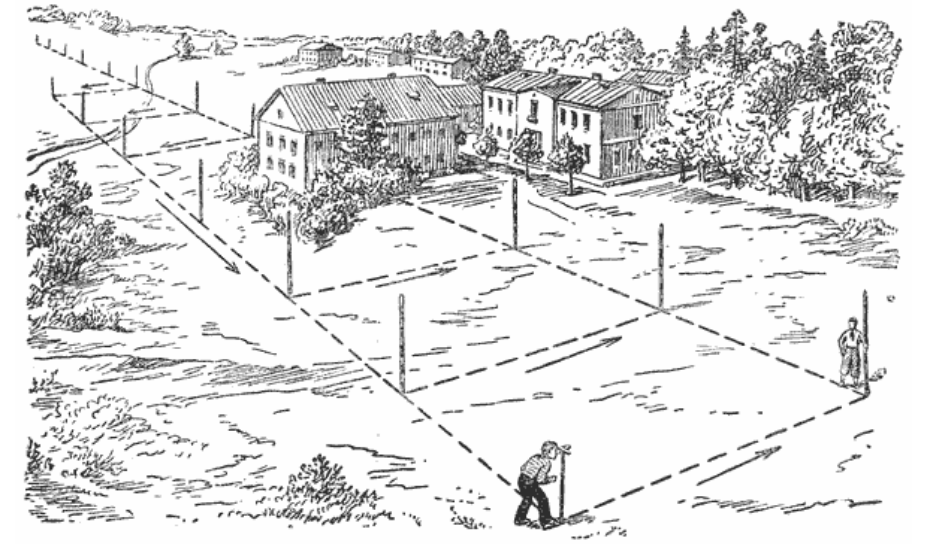
Провешите вдоль берега какую-нибудь линию ***CD*** и найдите на ней с помощью эккера подошвы двух перпендикуляров, опущенных из концов острова, из точек ***A*** и ***B***. Пусть эти подошвы будут точки ***E*** и ***F***. Измерьте линию ***EF*** и поставьте на середине ее вешку ***C***. Затем на продолжении линии ***AE*** отыщите такую точку ***H***, которая одновременно была бы и в створе с точками ***B*** и ***G***. Такую же точку ***I***, находящуюся также в створе точек ***A*** и ***G***, отыщите на продолжении линии ***BF***.



Определение длины острова.

Маленькие треугольники ***AEG*** и ***FGI*** равны (стороны ***EG*** = ***FG***, и ∠***AGE*** = ∠***FGI***, как вертикальные); также равны между собой и другие два маленьких треугольника: ***BFG*** и ***EGH***. Отсюда выходит, что равны и большие треугольники — ***ABG*** и ***GHI***. А из этого равенства следует, что линия ***AB*** = ***HI***. Измерьте ***HI*** рулеткой, и вы узнаете длину острова.

Обход препятствия. Помните, как вы обходили дуб, когда наткнулись на него при вешении длинной линии? По этому же принципу можно обойти и двухэтажный дом. Там вы восстанавливали от вешек перпендикуляры длиной меньше метра на глаз, здесь длина перпендикуляров должна превышать размеры дома, и, следовательно, восстанавливать их придется эккером, а измерять рулеткой.



Обход дома с помощью эккера.

Съемка реки. Какие интересные изгибы делает река! Нельзя ли с помощью эккера заснять все эти изгибы и изобразить их на плане?

Конечно, можно. Берите эккер, вешки, рулетку, несколько колышков с затесанным для записей одним боком, топор и идите к реке, на луг. Кстати, имейте в виду, что колышки, концы которых затесаны на три грани, забиваются легче.

На примере съемки реки я вам покажу, как работают настоящие топографы.

Запомните золотое правило топографии: сперва — главное, а потом, на основании главного, — подробности. Главное — это как бы тот фундамент, тот каркас, на котором строятся все подробности. В топографии это главное называется **обоснованием**. Оно измеряется и строится с большей точностью и обычно в первую очередь отдельно от подробностей. Так вы поступили, например, при разбивке футбольного поля. В данном случае у реки обоснованием будет длинная прямая линия, которую вы должны провешить примерно вдоль берега. Называется такая линия **магистралью**.

Забейте в начальной точке маленький колышек вровень с землей, а впереди него, на расстоянии 5-10 сантиметров, забейте другой, побольше, на котором напишите так, как показано на верхнем рисунке на стр. 48. Забейте этот большой колышек надписью к маленькому.

Сторожок и точка на полевом пикете.{1}

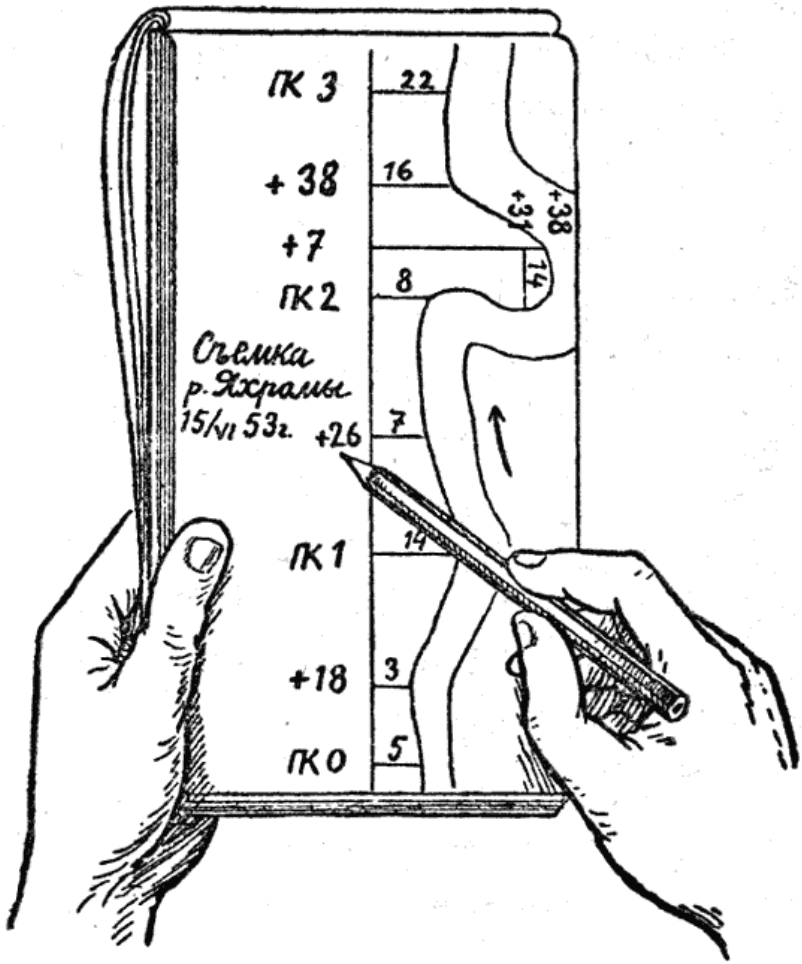
Маленький колышек — самый главный, он называется точкой и забивается точно на том месте, которое вы хотите заметить, а большой колышек называется сторожком, он нужен и для нумерации точки и для того, чтобы ее легче можно было найти. В крайнем случае, если сторожок кто-либо собьет, то уж точку не тронет никто — ее не видно, а вы, хотя и с трудом, все же сумеете отыскать ее.

Что же это за надпись на сторожке?

Загадочный знак есть соединение букв П и К — так обычно все изыскатели (не только топографы) обозначают слово «пикет». Всегда на изысканиях, при измерении линий по трассам будущих железных дорог, шоссе, каналов, линий водопровода и т. д., при каждой передаче шпилек, то-есть через каждые 100 метров, забиваются сторожок и точка, которые называются **пикетами**.

В начальной точке всегда ставится пикет 0, через 100 метров — пикет 1, затем пикет 2 и т. д. Пикет 10 означает, что промерен 1 километр, пикет 100 — 10 километров и т. д.

Вернемся к вашей магистрали. Пикет **0** у вас забит, начинайте измерять линию. Измеряя, следите за рекой: если река поворачивает, то напротив каждого изгиба реки забивайте сторожок и точку и замечайте, на каком метре пришлась ваша точка. Очевидно, эти точки придутся не на пикетах, а где-то между пикетами, тогда пишите на сторожках так: пикет 0+18, пикет 1+26 и т. д. Это означает: ваша точка пришлась на 18 метров дальше пикета 0, на 26 метров дальше пикета 1 и т. д. Пикет 8+56 отстоит на 56 метров дальше пикета 8 и на 856 метров дальше пикета 0. Эти точки, в отличие от пикетных, называются **плюсами**.



Пикетажная книжка с абрисом.

Вы забили по магистрали много колышков (сторожков и точек, пикетов и плюсов). Раньше при измерениях вы обходились без записей, теперь вам придется завести себе **пикетажную книжку**.

Проведите в ней посередине линейкой черту — это будет изображение вашей магистрали, на которой черточками и цифрами отметьте все пикеты и плюсы. Пикет 0 должен находиться внизу страницы. Если на одной странице все пикеты не уместятся, переверните листок и продолжайте на следующей.

Запомните несколько правил, являющихся обязательными для каждого топографа, и пусть они будут обязательны и для вас во всех ваших топографических работах.

Никогда не пишите на отдельных листках бумаги, а только в специальных книжечках и блокнотах с твердой обложкой. Все записи ведите как можно аккуратнее, цифры пишите четко, чтобы каждый в них мог разобраться. Прямые линии, проводите только по линейке. Очень удобны для этого маленькие прозрачные целлулоидные треугольники. Карандаш должен быть остро отточенным; для ватманской бумаги более твердый — 3Т, 2Т и Т, а для обыкновенной, писчей, более мягкий — ТМ и М, но не мягче[12]. Химическим карандашом никогда не пользуйтесь: пойдет дождь, и у вас все размажется. Если какая-либо цифра написана неверно, зачеркните ее так, чтобы сквозь черту можно было прочитать первоначальную цифру. Стирать цифры категорически запрещается: вдруг окажется неверной ваша вторая цифра, а первую, правильную, уже восстановить нельзя — она стерта.

Полевые записи — это официальный документ.

На первой странице сбоку напишите: что за съемка, где и когда производилась. Например: «Съемка р. Яхромы, практическая работа 15 июня 1953 года. Съемку производили такие-то», и все вы распишитесь.

Вы забили на магистрали четыре пикета с плюсами — значит, измерили 400 метров. Обоснование у вас готово, приступайте к подробностям, то-есть к съемке самих извилин реки.

От каждого пикета и от каждого плюса начинайте восстанавливать эккером перпендикуляры, идущие до самой реки. Эти перпендикуляры называются **ординатами**. Все ординаты промерьте и зарисуйте в вашей пикетажной книжке, как они идут от магистрали; запишите посреди каждой из них их длину.

Магистраль лучше измерять рулеткой. Для определения длины ординат можно применить и ковылек.

Заметьте: в одном месте для уточнения изгибов пришлось восстановить дополнительный перпендикуляр уже от ординаты.

Попутно с обмерами рисуйте на глаз контуры реки — ведь между концами ординат река изгибается плавно, а не углами. Такая зарисовка называется **абрисом**. Вот тут ваша резинка может пригодиться, так как эти изгибы надо стремиться изобразить как можно более похожими на действительные. В нескольких местах измерьте ширину реки; как это делается, вы уже знаете.

На примере съемки реки мы с вами рассмотрели один из способов топографической съемки — способ ординат, при котором от какой-либо линии (магистрали) с помощью перпендикуляров получаются определенные контуры.

Как на основании этих полевых записей и зарисовок начертить план реки, я объяснять пока не буду. Попробуйте сделать это сами.

Школьный двор

Рассмотрим более сложный пример топографической съемки с помощью эккера.

Вообще при топографических работах эккер обычно употребляется только как вспомогательный инструмент, но те приемы, о которых я сейчас буду говорить, входят в состав обычных топографических съемок застроенных участков.

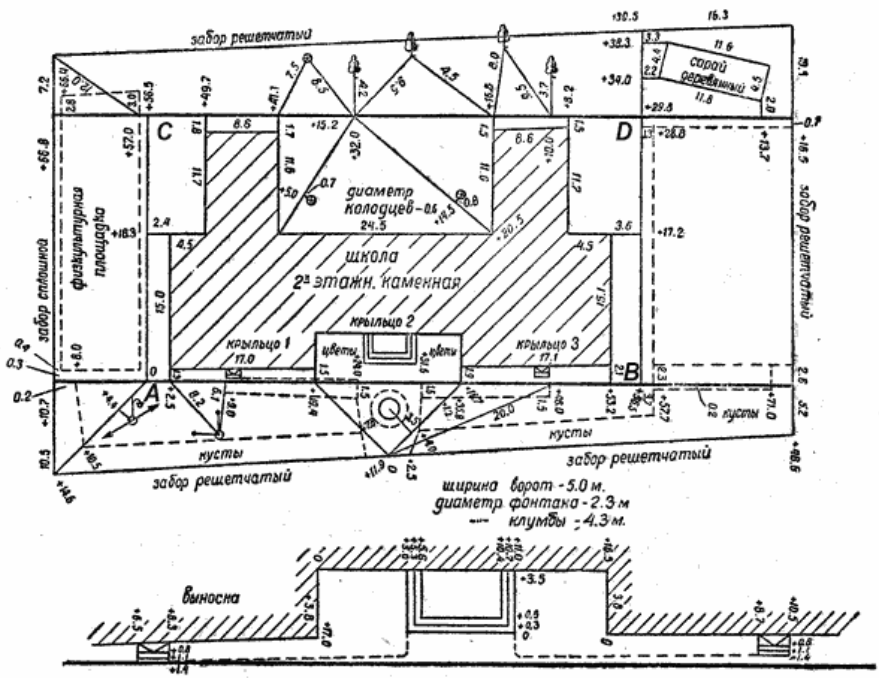
Давайте снимем план школьного двора. Потом он нам может пригодиться для разбивки спортплощадок, цветников, для перепланировки двора или хотя бы для того, чтобы раскрасить его и повесить в нашем школьном музее.

Как видите, участок имеет почти прямоугольную форму. Посреди него находится здание школы сложных очертаний, с тремя крыльцами; имеются цветники, кустарник, спортивная площадка, огород, столбы, канализационные колодцы, сарай, фонтан. Все эти подробности на топографическом языке называются **ситуацией**.

Сперва осмотрите весь участок и тщательно продумайте, как вы его будете снимать. Этот предварительный обход участка называется **рекогносцировкой**. Продумайте, как построить обоснование, чтобы при наименьшем количестве линий достичь наилучших результатов. Это, конечно, требует известного навыка.

В данном случае ясно, что нужно наметить обоснование в виде прямоугольника ***ABDC***, окаймляющего здание школы. Старайтесь длинные стороны его протянуть не далее, чем в 2 метрах от стен.

С построения прямоугольника и начинайте работы. С помощью эккера из точек ***A*** и ***B*** восстановите два перпендикуляра, на которых отмерьте равные расстояния ***AC*** и ***BD***. Промерить диагонали для проверки этого прямоугольника невозможно (мешает здание), поэтому для контроля придется эккер поставить в точке ***C*** и, построив перпендикуляр к линии ***AC***, убедиться, что точка ***D*** стоит правильно («бьет»). Так как линии у вас будут короткие, вешек не нужно, а вместо них употребите временные колья, которые по окончании съемки можно выдернуть.



Абрис съемки школьного двора. Как идет ход измерения при съемке плана, так и записываются цифры.

Теперь составьте абрис. Начните с этого прямоугольника. Абрис составляйте как можно аккуратнее и крупнее. Помните, что вы должны уместить на нем массу различных цифр. Старайтесь, чтобы все контуры ситуации и их взаимное расположение были похожи на действительность. Не стесняйтесь пользоваться резинкой. Если абрис не поместится на одном листе вашей пикетажной книжки, разбейте его на части, но так, чтобы контуры ситуации, зарисованные у края одной страницы, были повторены на краю следующей. Заснимаются только те объекты, которые

невозможно передвинуть. Значит, стога сена, поленницы дров, срубы, кучи песка и т. д. в абрисе рисовать не нужно.

Итак, приступаем к съемке.

Все обмеры ведите только рулеткой, с точностью до *0,1* метра. Начинайте измерять линию ***AB*** и одновременно снимайте ситуацию. От линии ***AB***, на этот раз в обе стороны, восстанавливайте перпендикуляры — ординаты к углам здания, к поворотам дорожки. Ординаты короче 2 метров восстанавливайте просто на глаз, ординаты длиной до 8 метров восстанавливайте способом египетского треугольника.

Лучше всего вести съемку в две рулетки. Одна рулетка кладется только по линии обоснования, а другая от цифр этой рулетки протягивается до контуров ситуации. Цифры по линиям обоснования ставьте в нарастающем порядке, начиная от нуля: +2.5, +4.6, и т. д. Как идет ход измерения, так и записываются цифры, поэтому часть из них записана боком в одну сторону, часть — боком в другую сторону. Цифры по ординатам ставятся вдоль линии без значка плюс. Остерегайтесь строить от этих ординат еще перпендикуляры, уже третьего порядка, так как ошибки в измерениях будут расти.

Обратите внимание, как засняты углы заборов, столбы, канализационные колодцы. До них от определенных точек обоснования замерены по две линии наискось; в результате получились треугольники, в которых известны все три стороны. Такие треугольники с помощью одного только циркуля всегда можно построить на бумаге и, следовательно, нанести на план углы заборов и прочее. Эти треугольники — пример еще одного способа съемки, способа **линейных засечек**. Засечки эти надо строить так, чтобы получаемый треугольник приближался к равностороннему, чтобы угол у засекаемого предмета был не слишком острым и не слишком тупым — не меньше 30 и не больше 150°. Если этого условия нельзя добиться, лучше дать еще третью засечку и, следовательно, построить два смежных треугольника (на данном примере так замерена середина ворот). Чтобы меньше писать цифр, косые засечки старайтесь начинать от тех же точек обоснования, от которых начинаются и ординаты.

Правый нижний угол забора из-за густых и колючих кустов никак нельзя было заснять засечками от обоснования. Тут, в виде исключения, пришлось дать засечку второго порядка (от середины ворот промерена вся длина забора до угла).

Правый верхний угол забора невозможно было засечь, так как мешал сарай. Пришлось продолжить линии ***BD*** и ***CD*** до забора и получить те же засечки от концов этих продолжений вдоль забора и до угла.

Отдельно обмерьте все постройки. Остерегайтесь: углы зданий могут оказаться не прямыми, поэтому необходимо обмерить все стороны без исключения. Рулетку кладите по самой земле, по цоколям зданий. Цифры по обмерам ставьте вдоль линий стен. Центр фонтана возьмите ординатой от косой засечки и где-нибудь в сторонке абриса запишите диаметр фонтана и диаметр окружающего его цветника. Замеры ординат по крыльцам получились такие мелкие, что их также пришлось указать в стороне, на отдельной выноске.

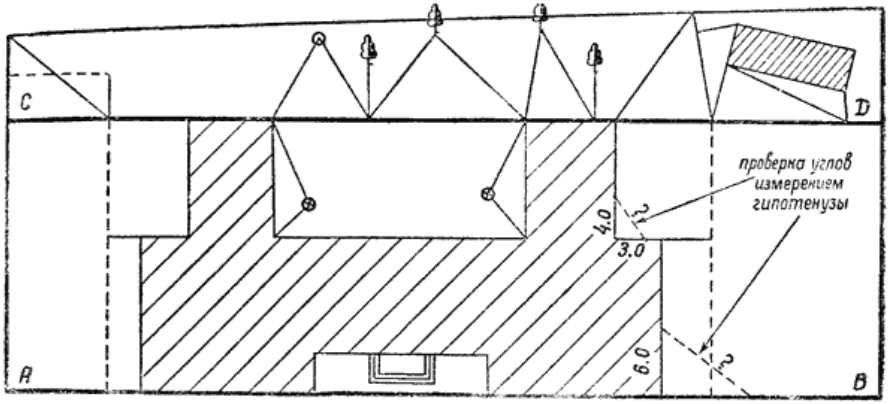
Видите, какая получилась сложная сеть линий и сколько выписано цифр. Поэтому еще раз повторяю: обратите особое внимание на абрис и на аккуратность записи цифр. Ведь потом, придя домой, когда вы начнете вычерчивать план, вы должны разобраться в абрисе до последней цифры.

Съемка застроенных участков подчас бывает очень сложна. Возможно, когда вы будете чертить план, не все у вас сразу выйдет правильно и не будет «садиться» на свое место. Придется кое-что перемерить, кое-что, возможно, вы пропустите. С готовым планом снова выходите на участок и сравните его с местностью. О вычерчивании планов мы поговорим позднее.

Заранее подсказать, какой способ съемки и где применить, невозможно. Школьные здания могут быть самой разнообразной формы, ситуация на участке тоже может оказаться самой различной. Нужны большая смекалка и терпение, чтобы такой запутанный участок заснять как следует. Вглядитесь в рисунок, и вы увидите, как приходилось иногда изобретать (например, как заснят сарай, цветник и др.).

Отдельно разберу с вами случай: как заснять школьный двор без эккера.

Если здание школы большое, каменное и построено недавно, можно быть почти уверенным, что все углы у него прямые. Примем за обоснование стены школы. Продолжим до забора обе длинные линии стен и по переднему фасаду и по заднему (на рисунке показаны линии ***AB*** и ***CD***). Промерьте расстояния ***AC*** и ***BD***, которые должны отличаться друг от друга не более чем на 20-30 сантиметров. Тщательно обмерьте все здание кругом. К линиям ***AB*** и ***CD***, к углам здания, а также к специально намеченным углем на стенах черточкам способом косых линейных засечек можно «привязать» (это термин топографический) всю ситуацию. Конечно, засечки тут получатся длиннее и количество их будет очень велико.



Второй способ съемки школьного двора, когда за обоснование принимается само здание школы. Показана верхняя часть абриса. Цифры на абрис не нанесены.

Проверьте, действительно ли углы школьного здания прямые. Как это сделать с помощью египетского треугольника, ясно из рисунка. Некоторые углы вы проверьте непосредственно, откладывая вдоль стен оба катета в 3 и 4 метра и промеряя гипотенузу. Но в обычных случаях так проверить не удается, так как вы не имеете возможности измерить гипотенузу; придется проверить соответствующий внешний угол, продолжая по земле фасадную линию стены. Если гипотенуза будет отличаться на 3-4 сантиметра, не смущайтесь этим и принимайте такой угол за прямой. Если размеры здания позволяют, стройте стороны треугольника соответственно вдвое большие, то-есть в 6, 8 и 10 метров.

Этим способом можно заснять школьный двор только в том случае, если расстояния от углов школы до ближайшего забора не превышают размеров самого здания и когда ситуации сравнительно немного.

Топография в комнате

Вот топографическая работа, которую можно выполнить в любую погоду, не выходя из комнаты. В самом деле, почему бы вам не заснять план комнаты?

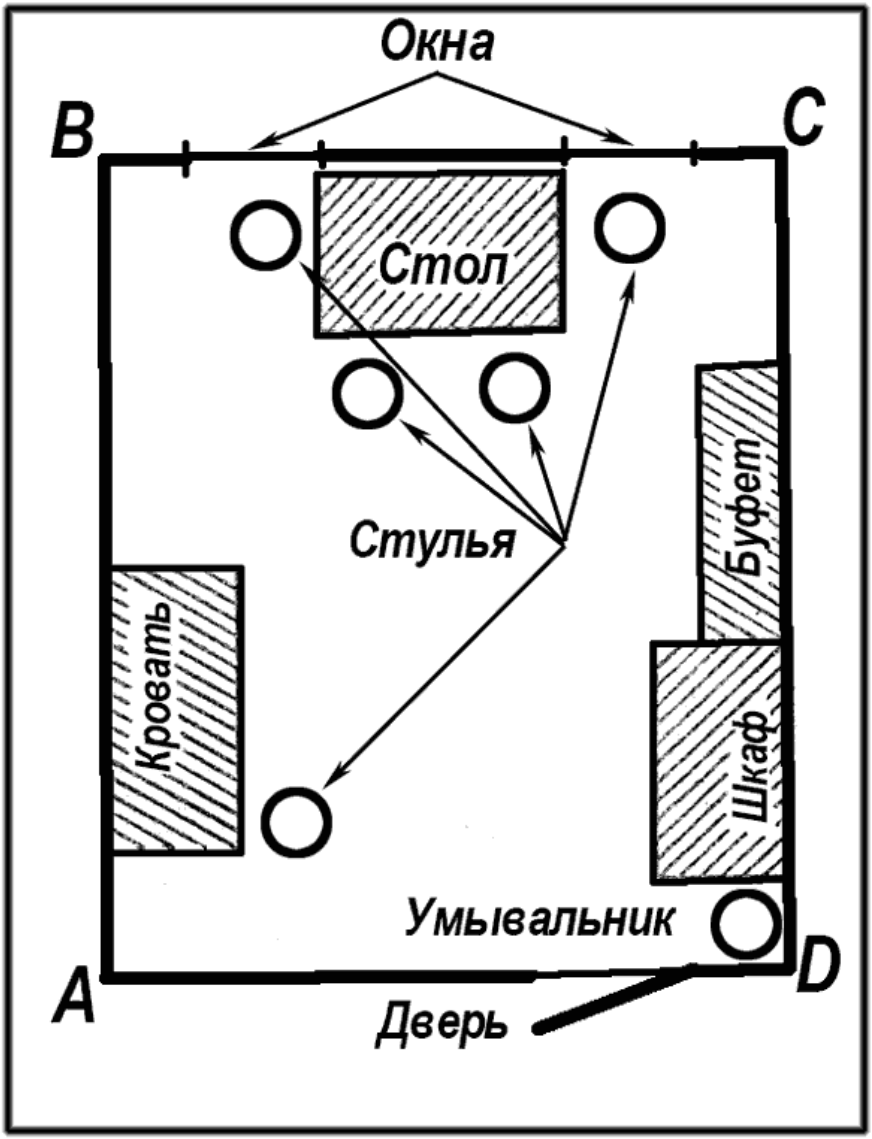
Вместо рулетки можно взять портновский сантиметр. В вашей комнате есть стол, поэтому не будем вести специальный абрис, давайте одновременно и снимать и чертить.

Обоснованием в вашей съемке будут служить четыре стены комнаты. Все расстояния измеряйте с точностью до 0,1 метра.

Начните ваши работы с проверки всех четырех углов. В старых домах зачастую углы могут быть и не прямыми. Это можно проверить, измерив обе диагонали. Не смущайтесь, если у вас диагонали окажутся неравными, а садитесь скорее за стол и постройте на бумаге с помощью циркуля сперва один из треугольников, скажем ABD, а к нему присоедините другой — BCD. Все размеры уменьшайте, в зависимости от величины вашей комнаты, в 20 или в 50 раз.

Когда обоснование будет начерчено, переходите к ситуации. Измерьте ширину двери и расстояние ее от угла; так же измерьте окна. Сейчас же отложите эти величины на плане, а то цифры забудутся. В виде исключения, придется отступить от правил топографии и заснять «передвигающиеся» предметы. Измерьте ширину и длину каждого предмета и «привяжите» его или короткими перпендикулярами — ординатами — к стенам, или линейными засечками от углов.

Изображайте мебель такой, какой она кажется, если на нее смотреть сверху, с потолка. Кровать, стол и буфет получатся в виде прямоугольников, а венские стулья — в виде кружков.



План комнаты

Нетрудно узнать площадь комнаты: если она прямоугольная, то площадь ее равна произведению длин двух соседних стен.

Так же можно заснять и начертить план целой квартиры, если дом небольшой.

Если дом большой, снимайте только расположение комнат, без мебели.

Для каждого этажа нужно составить отдельный план. План

дома придется уменьшить против действительности в 50 или в 100 раз.

Вот еще задача по «комнатной» топографии. Ваш отец получил новую квартиру. Еще когда дом строился, вы несколько раз заходили в квартиру, открывали краны в ванной, осматривали газовую плиту, холодильник, но предварительно не провели одной необходимой работы.

В данный момент вся ваша семья шумно и радостно на автомашинах перевозит мебель; в беспорядке расставляются в передней громоздкие шкафы и кровати.

Предположим, у вас заранее было намечено, где устроить спальню, где столовую, но когда вы всю мебель начинаете расставлять по комнатам, выясняется, что книжный шкаф загораживает окно, буфет и диван вообще не могут поместиться рядом, а в столовой стало так тесно, что, пожалуй, не удастся устроить и вечеринку по случаю новоселья.

Оказывается, вам надо было предварительно заняться съемкой плана вашей новой квартиры, со всеми окнами, дверями, холодильником и т. д. Надо было заранее вычертить план и обмерить всю вашу мебель. Затем из плотной бумаги вырезать прямоугольники, квадратики и кружочки — шкафы, столы, кровати и прочее по вашим обмерам мебели — и все эти фигурки расставить на плане. У вас было время передвигать туда и сюда фигурки, как следует продумать всю обстановку комнат, так чтобы было и удобно и оставалось как можно больше свободного места.

А теперь из недалекого будущего перенесемся в далекое прошлое.

Тень пирамиды

Это было давно -— примерно 2500 лет назад. Повелитель Египта фараон Амазис II сидел у подножия самой большой пирамиды — пирамиды Хеопса. Его окружали многочисленные придворные, телохранители и рабы. Невдалеке стоял старец Фалес, который явился с севера, из далекой Эллады, и, по слухам, был великий мудрец, ученейший муж. Египтяне захотели испытать старца, убедиться, действительно ли он так мудр, как говорит о нем народная молва.

Фалес ждал, когда фараон окончит совещание с придворными и потребует от него решения какой-либо трудной задачи. Наконец фараон велел подозвать старца.

— Тысячи тысяч рабов строили эту пирамиду — могилу великого фараона Хеопса, — сказал повелитель Египта Фалесу. — Не было и не будет построек выше пирамиды Хеопса. Узнай, какова ее высота.

Фалес подумал немного и сказал:

— Хорошо, царь. Я измерю высоту пирамиды.

Все с большим интересом стали смотреть, что он будет делать.

Фалес взял веревку и с помощью раба измерил одну из сторон квадратного основания пирамиды. Затем измерил свой рост, очертил на песке круг радиусом, равным росту, и стал в центре круга, словно чего-то ожидая. Его неподвижный взгляд был устремлен в землю.

Фалес смотрел на свою тень. Солнце клонилось к западу. Тень росла и медленно приближалась к черте круга. Когда она коснулась черты, Фалес точно очнулся, схватил большой камень, быстро зашагал к верхушке тени пирамиды и положил на нее камень. Он измерил длину тени от камня до подножия пирамиды и прибавил к ней половину длины основания пирамиды.

Так он узнал высоту пирамиды и доказал египтянам свою мудрость. (Легенда не упоминает об одной детали, о которой Фалес, несомненно, знал: задача может быть решена в том случае, когда вершина тени пирамиды окажется примерно на перпендикуляре, восстановленном к середине основания.)

«Что же тут мудрого! — скажете вы. — Ясно, что в тот

момент, когда тень Фалеса была равна его росту, тень пирамиды плюс половина основания равнялись ее высоте».

Для вас, знающих геометрию, задача Фалеса кажется совсем легкой, но не забудьте, что дело происходило 2500 лет назад, задолго до знаменитого греческого математика Эвклида, создавшего геометрию.

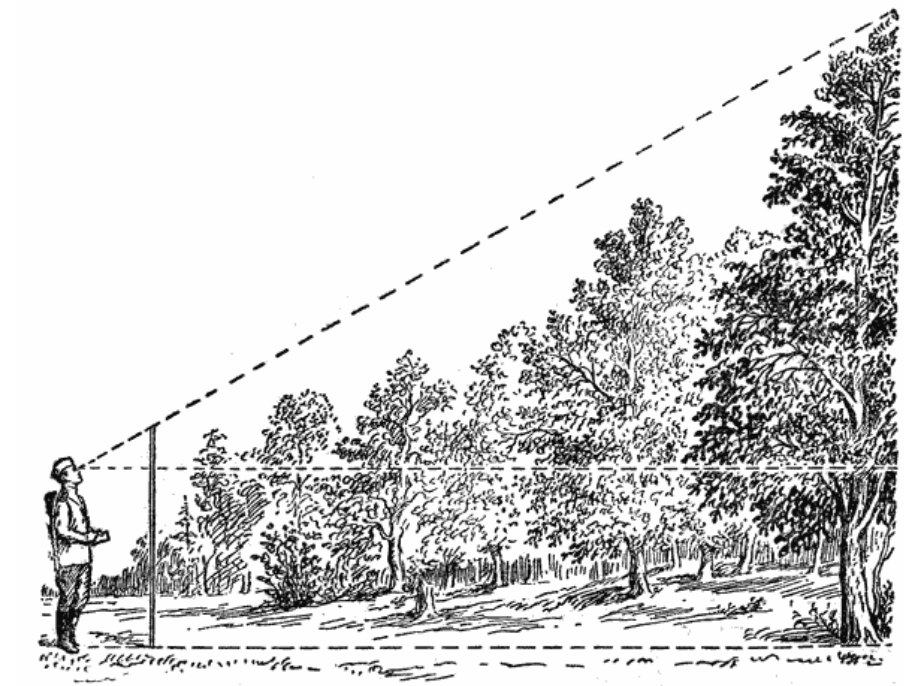
Высота дерева

Узнать высоту предмета с помощью собственной тени можно только в солнечный день. С древних времен геометрия создала много других способов измерения высоты предметов.

Расскажу о некоторых из них.

Во время Великой Отечественной войны командиру отдельного саперного батальона было приказано срочно построить мост через речку. Он вызвал к себе сержанта и приказал ему узнать высоту деревьев в ближайшем лесу.

Сержант воткнул шест длиной около 2,5 метра на некотором расстоянии от измеряемого дерева, надрезал на шесте черточку на высоте глаза, затем отошел от шеста и стал в такой точке, чтобы конец шеста закрывал собой макушку дерева.



Сержант стал в такой точке, чтобы при взгляде на шест конец шеста закрывал макушку дерева.

Как видно из рисунка, получились два подобных прямоугольных треугольника, и можно написать такую пропорцию:

Расстояние от сержанта до шеста / расстояние от черты на шесте до его верхушки = расстояние от сержанта до дерева / высота верхней части дерева

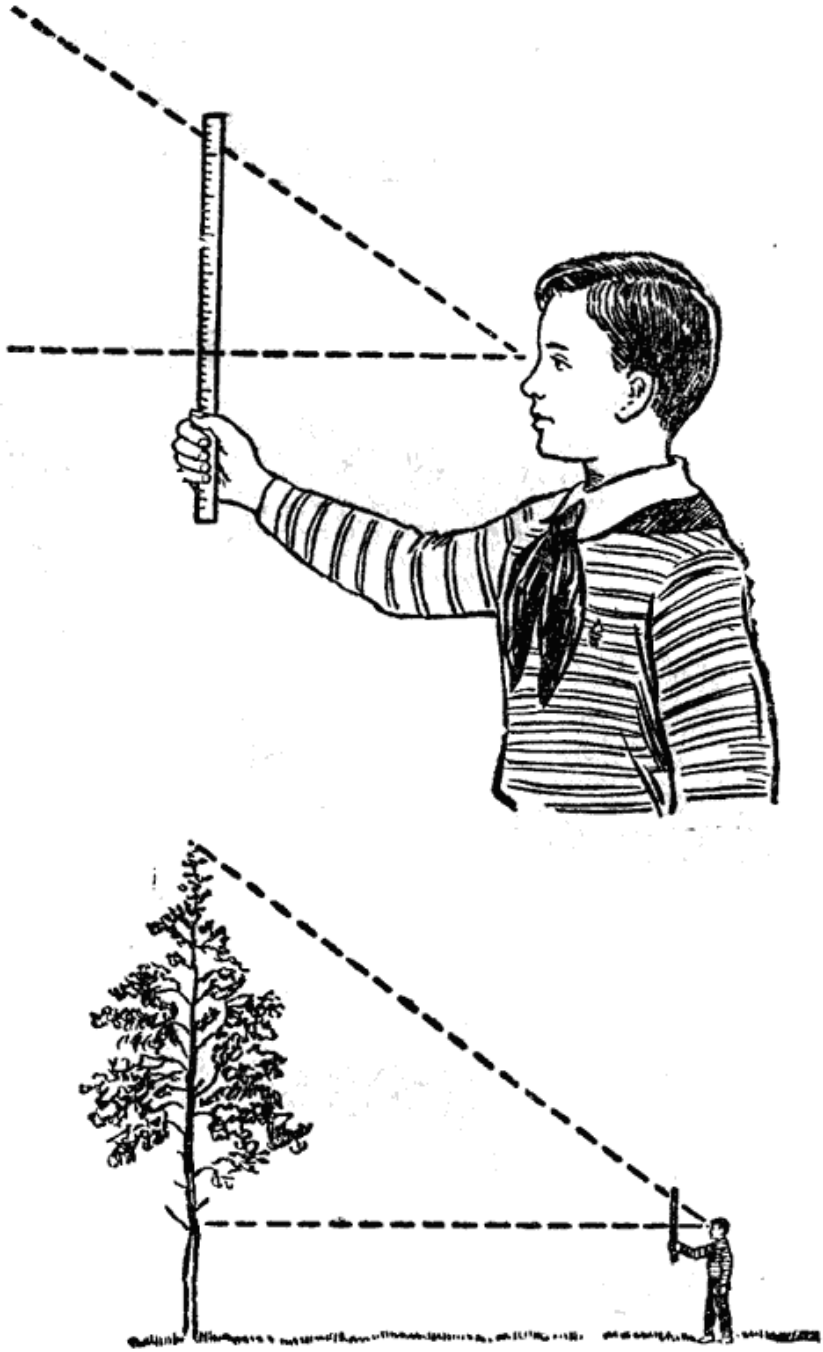
$$\frac{\text{Расстояние от сержанта до шеста}}{\text{Расстояние от черты на шесте до его верхушки}} = \frac{\text{Расстояние от сержанта до дерева}}{\text{Высота верхней части дерева}}$$

Первые три величины (расстояние до шеста, расстояние от черты на шесте до его верхушки, расстояние до дерева) сержант измерил рулеткой, а по ним узнал четвертую, прибавил к ней высоту своего глаза над землей — и получил высоту измеряемого дерева.

Вот еще один очень несложный способ.

У вас есть линейка с миллиметровыми делениями. Это и будет ваш высотомер.

Станьте где-нибудь в стороне от дерева, вытяните руку и держите линейку вертикально.



Измерение высоты дерева при помощи линейки.

Ноль линейки направьте на самый низ дерева и одновременно посмотрите, какая цифра на линейке совместится с его макушкой.

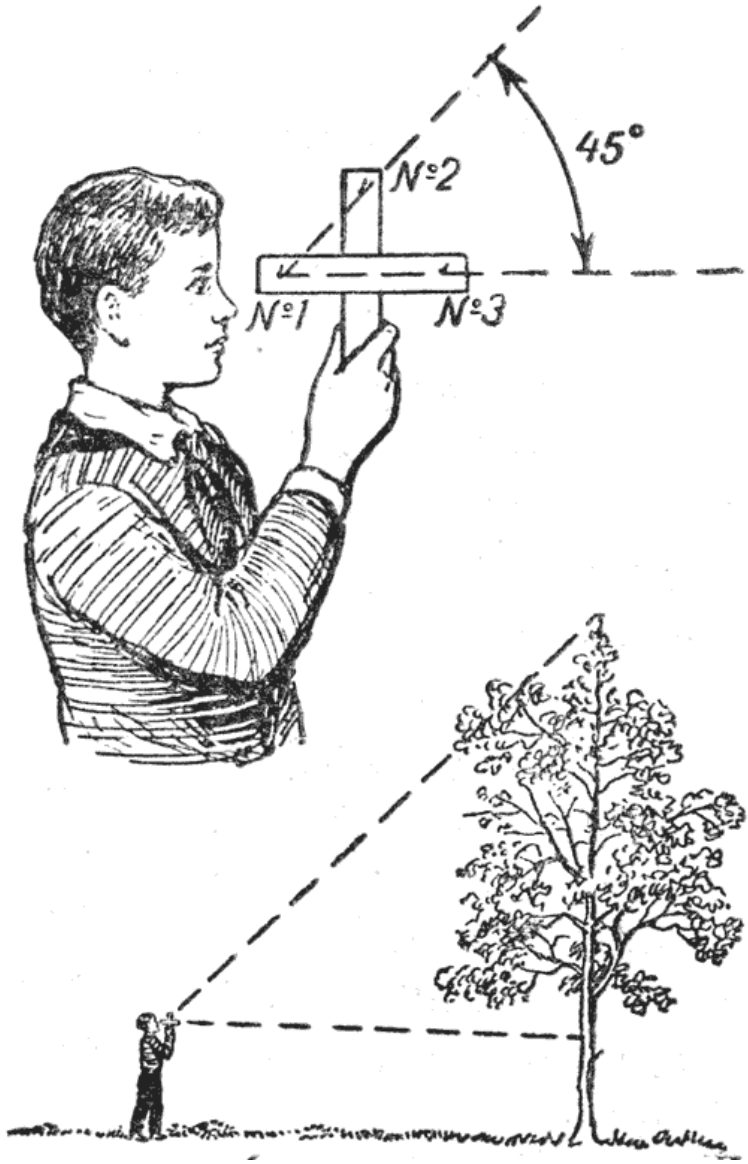
Опять получились подобные, но не прямоугольные, а равнобедренные треугольники, из которых можно составить такую пропорцию:

Расстояние от глаза до линейки / длина линейки до отмеченной цифры = расстояние от глаза до дерева / высота верхней части дерева

$$\frac{\text{Расстояние от глаза до линейки}}{\text{Длина линейки до отмеченной цифры}} = \frac{\text{Расстояние от глаза до дерева}}{\text{Высота верхней части дерева}}$$

Вы знаете, что первый размер равен 0,6 метра, отсчет по линейке вы уже взяли, расстояние от глаза до дерева вы измерите[13]. По этим трем величинам вы узнаете четвертую — высоту дерева.

Наконец, можно измерить высоту дерева с помощью крестовины вашего эккера. Возьмите ее в руки вертикально и станьте в такой точке, чтобы один створ булавок — № 1 и № 3 — был направлен на черту на дереве, замеченную на высоте вашего глаза, а другой створ булавок — № 1 и № 2 — под углом 45° на макушку дерева.



Измерение высоты дерева при помощи крестовины эккера.

Как видите, у вас получился равнобедренный прямоугольный треугольник, и, следовательно, высота дерева равна расстоянию от вас до дерева плюс ваш рост до глаз.

Во всех описанных случаях предполагается, что и дерево и наблюдатель находятся на одной горизонтальной плоскости.

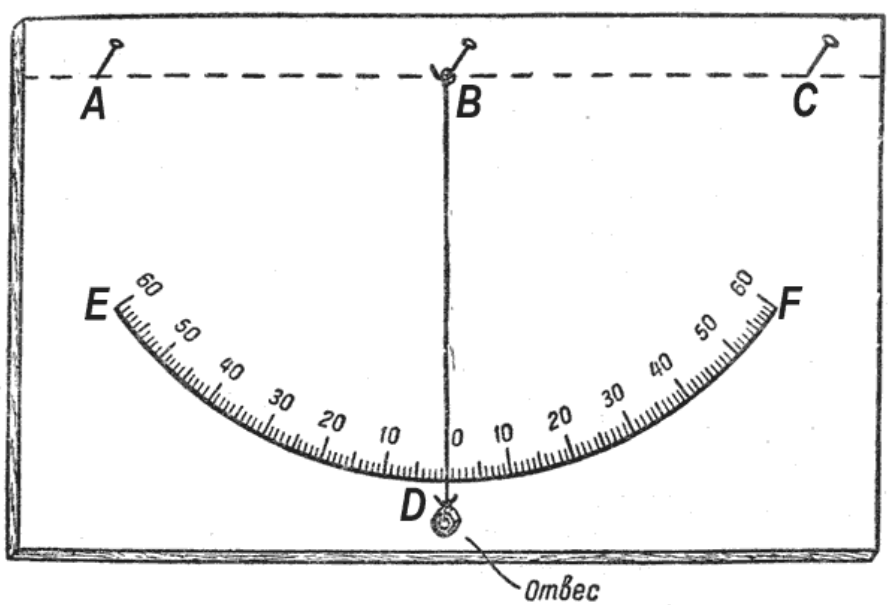
Самодельные эклиметры

Предположим, нужно быстро узнать высоту холма, на котором стоит колхозный скотный двор, по отношению к уровню воды в реке, так как предполагается строить водокачку.

Высоту холма можно измерить с помощью довольно простого самодельного прибора, называемого эклиметром.

Сделайте его так. Возьмите прямоугольный кусок фанеры размером 20 X 30 сантиметров, наклейте на него лист бумаги и у края длинной стороны прочертите прямую линию, на которой отметьте три точки ***A***, ***B*** и ***C*** так, чтобы расстояние ***AB*** было равно расстоянию ***BC***. Циркулем-измерителем восстановите из точки ***B*** перпендикуляр ***BD***, затем с помощью того же циркуля из точки ***B*** проведите дугу окружности радиусом ***BD***, на которой от точки ***D*** тем же радиусом отмерьте точки ***E*** и ***F***. Очевидно, каждый из углов ***EBD*** и ***DBE*** равен 60° (как углы равносторонних треугольников — два радиуса и хорда, равная радиусу).

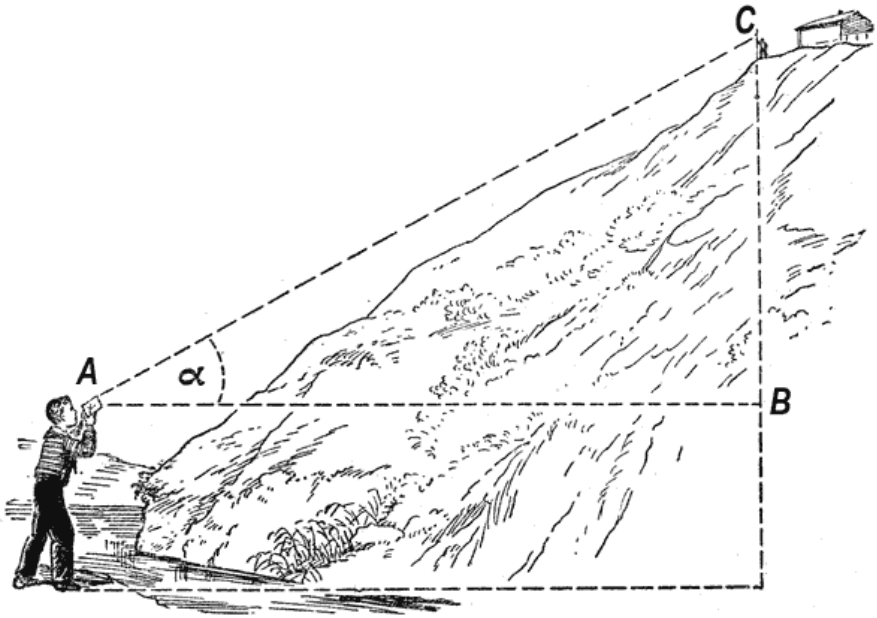
Затем как можно точнее циркулем разбейте эти дуги на четыре части, каждые 15° еще на три части, снова на пять частей, пока не разобьете всю дугу черточками на градусные деления (циркулем-измерителем разбить дугу на градусы можно гораздо точнее, чем с помощью транспортира). Точка ***D*** у вас будет нолем эклиметра. В обе стороны от нее через каждые десять черточек проставьте цифры — десятки градусов.



Эклиметр

Теперь воткните в точки ***A***, ***B*** и ***C*** по булавке; к булавке ***B*** на тонком шнурке привяжите какой-либо груз, например гайку. Вы знаете, что такой груз на шнурке называется отвесом.

Эклиметр у вас готов. Идите измерять высоту холма.



Измерение высоты холма с помощью эклиметра.

Станьте на берегу реки и направьте булавки эклиметра на скотный двор, собственно не на самую вершину холма, а немного выше, на величину, примерно равную вашему росту до глаз. Ноль эклиметра отойдет от шнурка с отвесом на какой-то угол. Нетрудно догадаться, что этот угол равен углу наклона холма — ***α***, потому что стороны обоих углов соответственно перпендикулярны. Отсчитайте величину этого угла. На вашем эклиметре имеются градусные деления, поэтому на глаз вы сможете взять отсчет до ½°, даже до ¼°. Теперь измерьте рулеткой расстояние от реки до скотного двора. Только когда будете измерять, ленту кладите на землю плашмя.

До́ма по углу наклона и по измеренному по гипотенузе расстоянию вы сумеете построить на бумаге уменьшенный в 100, 200 или в 500 раз прямоугольный треугольник, в котором катет (высоту холма) измерите простой линейкой.

Узнать размер катета ***CB***, противолежащего углу, еще проще по прилагаемой в конце книги (стр. 191) таблице, причем в

таблице предусмотрены два случая: один — когда нужно узнать высоту горы и известны угол наклона и гипотенуза ***AC***, и другой — когда нужно узнать высоту дерева, фабричной трубы, а иногда и горы и известны угол наклона и прилежащий катет ***AB***. Этот угол наклона дается в таблицах через полградуса. Углами больше **45**° практически пользоваться не приходится.

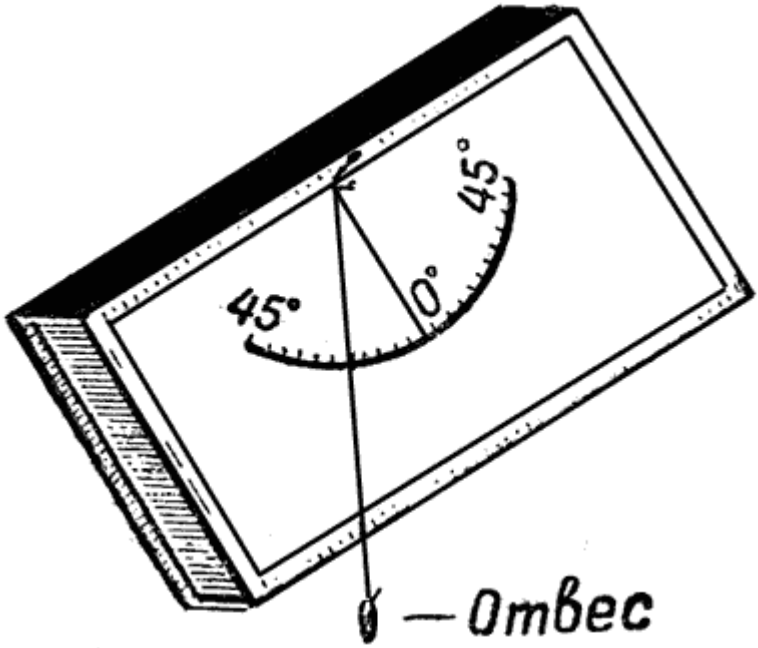
В таблице на стр. 191{2} дается величина катета ***CB***, когда ***AC*** или ***AB*** равны 100 метрам; отсюда нетрудно вычислить величину ***CB*** и при любых других размерах ***AC*** или ***AB***.

Посмотрите еще раз на этот треугольник. Раньше я говорил, что линии, идущие под гору или в гору, измеряются ступеньками рулеткой, натянутой горизонтально и приложенной к вешке.

Но можно измерять наклонные линии и другим способом, а именно: класть ленту плашмя на землю, на гипотенузу, и определять эклиметром угол наклона.

В конце книги дается также таблица поправок через полградуса на 100-метровую гипотенузу (стр. 193){3}. Эти поправки легко высчитать для любой измеренной вами гипотенузы. Чтобы узнать катет прилежащий — истинное расстояние, — поправки надо вычитать. Как видно из таблицы, при малых углах наклона, меньше **3**°, эти поправки так ничтожны, что их можно не принимать во внимание.

Вот еще один эклиметр — из обыкновенной спичечной коробки. Принципы измерения углов такие же: наводите на предмет по верхней грани коробки, а отсчеты берете по делениям, нанесенным через **5**°. Вместо отвеса прикрепите нитку с расплющенной на конце дробинкой. Измерять таким эклиметром значительно быстрее, но результаты получаются менее точные. Пользуясь этим эклиметром, расстояния можно измерять не рулеткой, а ковыльком или шагами.



Простейший эклиметр из спичечной коробки.

С помощью эклиметра можно решать различные задачи на местности: узнавать высоту дерева, дома и т. п.

Много ли в реке воды течет

Сейчас в нашей стране повсеместно строятся маленькие сельские гидроэлектростанции, много уже выстроено. Каждая такая гидроэлектростанция дает ток нескольким колхозам.

А можно ли на вашей реке построить электростанцию?

Прежде всего надо узнать, хватит ли в вашей реке воды. Мы с вами сумеем определить это довольно точно, если только ваша река не шире 20-30 метров и не глубже 3-4 метров. Если река глубже 1,5 метра, необходима лодка. Вас должно быть не менее трех человек.

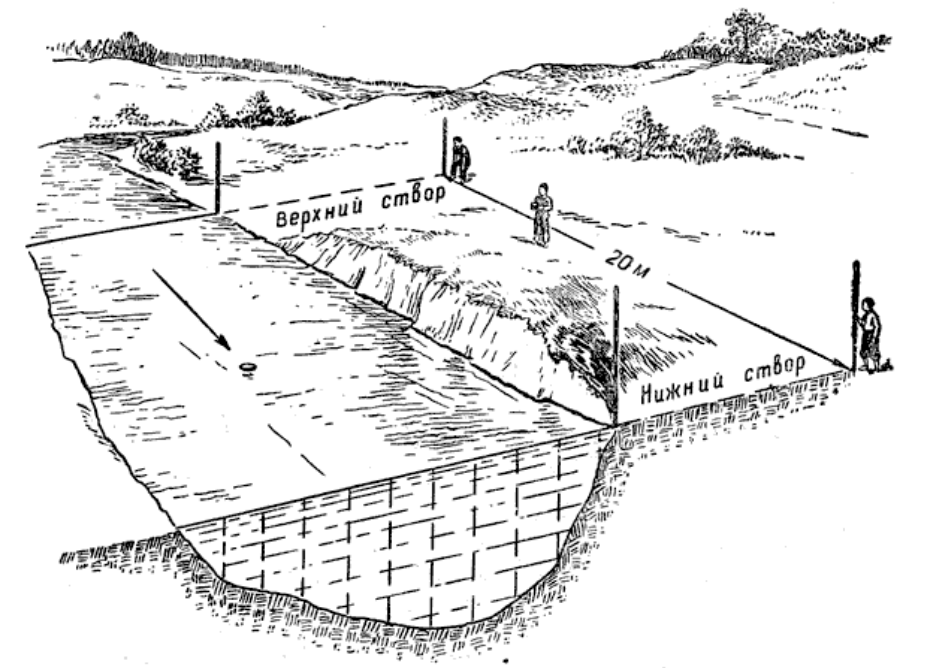
От бревна диаметром 10-12 сантиметров отпилите десять кругов толщиной 3-4 сантиметра, захватите их с собой, а также эккер, четыре вешки, топор, рулетку, часы, веревку и бечевку длиннее ширины реки, шест длиной 5 метров и идите на реку.

Сначала вам нужно измерить скорость течения воды (имейте

в виду, что эту работу можно проводить только в безветренную погоду). Выберите такое место, где река имеет прямой участок и пологий берег. Отмерьте вдоль берега линию, длиной примерно в два-три раза превышающую ширину реки. Предположим, что длина вашей линии оказалась 20 метров. Поставьте на концах ее по вешке, затем восстановите от этих вешек два перпендикуляра до самой воды и поставьте на их концах также по вешке. Таким образом, у вас получатся два створа вешек, перпендикулярных реке. Назовем их, смотря по течению, верхний и нижний створы.

Один из вас должен стать с часами и записной книжкой посреди линии, другой — у конца нижнего створа, а третий пусть захватит с собой все круги и идет к верхнему створу.

Для простоты я буду вас называть так: верхний, нижний, а того, который с часами, — отметчик. Круги будем называть поплавками.



Измерение скорости течения воды в реке.

Верхний с криком «Начинаю!» кидает первый поплавок выше верхнего створа, стараясь попасть ближе к противоположному берегу, затем бежит к концу своего створа и смотрит через две вешки, чтобы поймать момент, когда поплавок попадет на одну с ними линию.

Вот поплавок, ныряя в волнах, подплывает все ближе и ближе и наконец пересекает линию створа.

— Есть! — кричит верхний.

Отметчик смотрит на часы и, как только раздается крик, отмечает в книжке время в минутах и секундах, а затем снова продолжает следить за стрелкой, пока не закричит нижний, когда поплавок проплывает через его створ. Тогда отметчик ставит вторую цифру минут и секунд.

Верхний кидает поплавки то дальше, то ближе, стремясь распределить их равномерно по всему зеркалу воды. Таким путем отмечается время прохождения между створами всех десяти поплавков. А потом из всех измерений вычисляется среднее. Поплавки, которые за время пути цеплялись за траву или крутились в водовороте, в расчет не берутся. Пусть среднее получилось 48 секунд. Отсюда скорость течения воды на поверхности равна ***20 : 48 = 0,42*** метра в секунду.

Но более глубокие слои воды текут медленнее и составляют примерно 0,8 поверхностной скорости. Значит, средняя скорость воды в реке равна 0,33 метра в секунду.

Первая часть задачи решена.

Теперь вам необходимо определить **живое сечение** реки, то-есть площадь поперечного разреза через реку. Отметьте на вашем шесте через каждые 10 сантиметров прямые зарубки, через каждые 50 сантиметров — зарубки с крестом, через каждый метр — двойные зарубки. На бечевке через каждые 2 метра привяжите тряпочки (на реках уже 10 метров — через каждый метр).

Перекиньте и веревку и бечевку через реку на нижнем створе. Натяните их, закрепите покрепче концы на берегах — привяжите их к кольям или к деревьям.

Начинайте измерять глубину реки. До 1,5 метра можно измерять непосредственно, то-есть залезть в воду с шестом и, передвигаясь вдоль бечевки, через каждые 2 метра опускать шест в воду и кричать:

— Второй метр — глубина 1,20!.. Четвертый метр — глубина 1,40!..

Глубже приходится мерить уже с лодки. Для удобства работы вбейте маленькие скобки в середины бортов лодки и проденьте через них веревку. Вот для чего нужны и веревка и бечевка. Лодка тянет веревку, которая от этого изгибается по течению дугой, а бечевка с тряпочками натянута совершенно прямо. Двое из вас сидят в лодке. Один передвигается по веревке, другой измеряет глубину и диктует третьему, который сидит на берегу и ведет записи.

Таким путем вы измерите глубину поперек реки.

Теперь идите домой, возьмите лист клетчатой бумаги и начинайте чертить. Проведите горизонтальную прямую линию, изображающую поверхность воды; от нее отложите по клеткам перпендикуляры вниз — глубины; концы перпендикуляров соедините между собой. Так у вас получится поперечный разрез через реку (живое сечение реки).

Рассматривая получившуюся фигуру, нетрудно заметить, что она разделяется на ряд прямоугольных трапеций с двумя треугольниками по краям. Из геометрии вы знаете, как определяются площади каждой такой фигуры в отдельности; а сумма всех этих площадей и является живым сечением реки. Пусть она у вас равна 8,8 квадратного метра.

Представьте себе такую призму, где основанием служит живое сечение реки, а высотой — средняя секундная скорость течения. Очевидно, если мы помножим сечение на скорость, то вычислим объем этой призмы, узнаем, сколько кубических метров воды протекает в вашей реке в секунду, узнаем расход воды в межень, то-есть во время обычного летнего низкого уровня воды в реке:

8,8 X 0,33 = 2,9 кубического метра в секунду.

А чему равен общий сток воды за год? В году 31 536 000 секунд. Умножьте одно число на другое. Это выходит свыше 91 миллиона тонн воды. Такая маленькая речка, а за один год столько из нее воды утекло!

По меженному, то-есть обычному летнему, расходу вы сможете узнать расход и при любом другом, более высоком уровне воды в реке, даже во время половодья.

Для этого надо определить **поперечный профиль**, то-есть разрез через всю долину реки до тех точек на обоих берегах, до которых предположительно доходит вода в половодье.

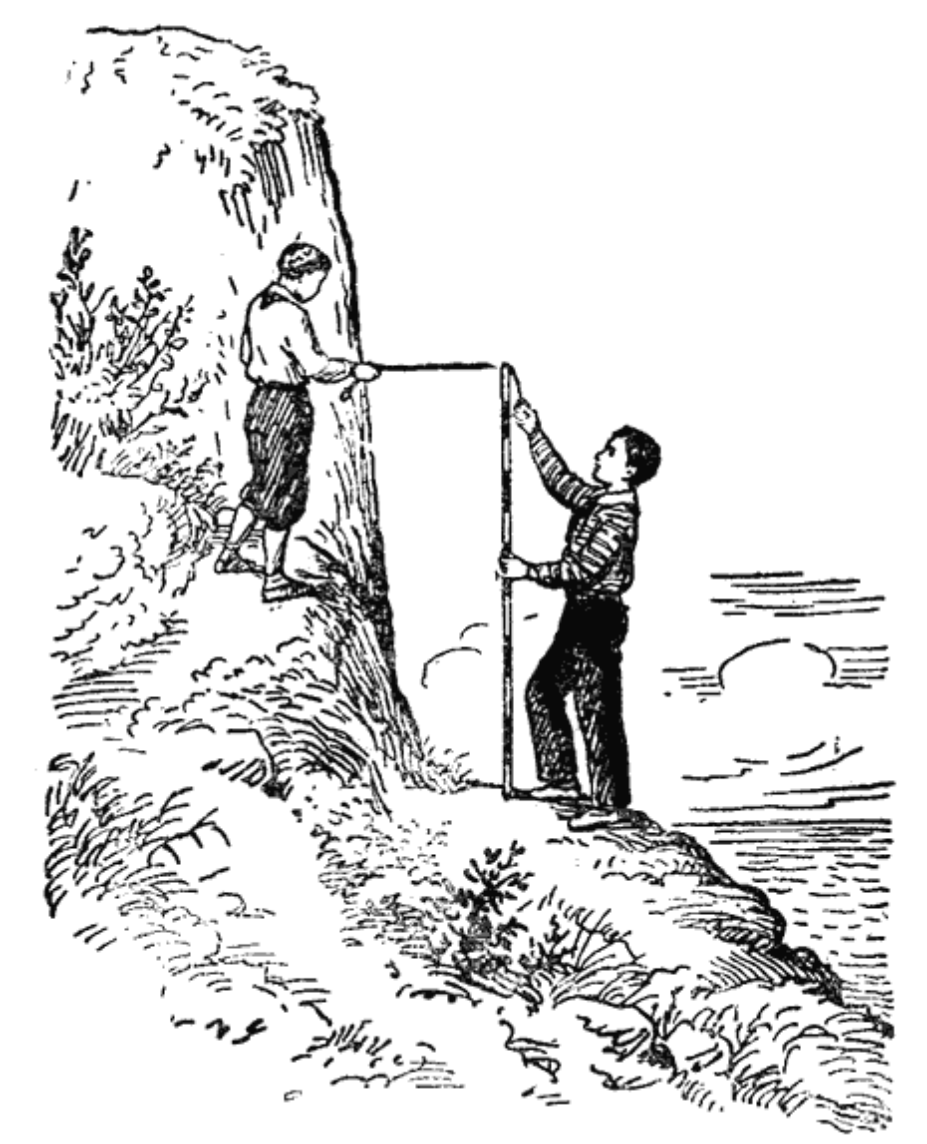
Эти точки называются горизонтом самых высоких вод (ГВВ). Их надо постараться отыскать.

Во время паводка река несет много всякого мусора — дрова, сено, солому, щепки, бревна. Когда вода начинает спадать, сено и солома застревают на ветках затопленных кустов и деревьев, а бревна и щепки выбрасываются на берег.

Если этих признаков паводка найти не удастся, придется обратиться к местным жителям, особенно старикам, помнящим самые большие наводнения. Зачастую старики смогут показать точки ГВВ самого большого наводнения, случившегося много лет назад. Если вода только немного выходит из берегов, с помощью эклиметра вы сумеете определить поперечный профиль через долину.

Правый берег — крутой и обрывистый, тут эклиметр совсем

не нужен. С помощью вертикального шеста и горизонтально натянутой рулетки вы узнаете высоту бровки обрыва. До нее вода никогда и не доходит.

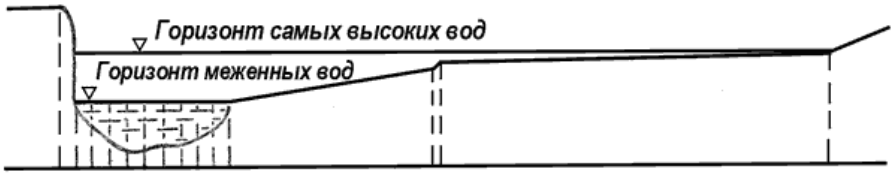


Измерение высоты бровки обрыва.

Левый берег — сперва пологий, потом небольшая ступенька, потом снова идет почти ровный луг до примерной точки ГВВ.

С помощью эклиметра мы узнаем уклон 3,5° на 56 метров,

потом высота ступеньки 1 метр при ширине ее 2 метра, дальше уклон 2,5° на 100 метров. Графически по транспортиру или по прилагаемой таблице (стр. 191) вы сумеете составить полный поперечный профиль реки и, следовательно, определить площадь живого сечения реки при самом высоком горизонте.



Полный поперечный профиль долины реки.

Скорости течения при паводке всегда больше меженных, поэтому возьмите примерную скорость 0,50 метра в секунду, и я думаю, вы ненамного ошибетесь.

Если строительство гидроэлектростанции на вашей реке будет утверждено, к вам приедут изыскатели. Вы им сможете оказать большую услугу, подробно рассказав о вашей реке: когда и насколько поднимается весной ее уровень, покажете самые глубокие и самые мелкие места, где дно илистое, где песчаное и т. д.

Изыскатели безусловно заинтересуются, какой получился расход воды у вас, когда сами будут определять его более совершенными способами. Живых сечений они разобьют не одно, а три или больше и из них определят среднее, а скорость течения узнают не поплавками, а особым прибором — **вертушкой**.

Это маленький пропеллер, надетый на штангу. Пропеллер опускается на разные глубины и соединен с электрическим звонком.

Вода вертит пропеллер; после каждых десяти оборотов звенит звонок, а техник считает, сколько звонков раздалось в течение 2 минут. На основании этих данных узнается средняя скорость течения воды.

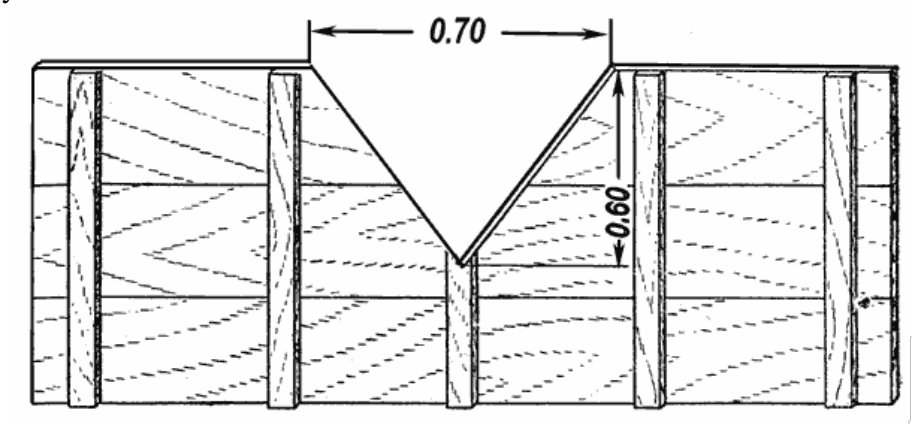
Если вы точно пускали свои поплавки и измеряли глубины, ваши цифры не особенно будут отличаться от цифр изыскателей.

Все это я рассказал про сравнительно большую реку, по которой поплавки плывут более или менее беспрепятственно.

Если река неглубокая и сильно заросла, можно предварительно очистить ее дно между створами от травы и водорослей. Но если это не река, а ручей глубиною, как говорится, воробью по колено, расход воды можно определить

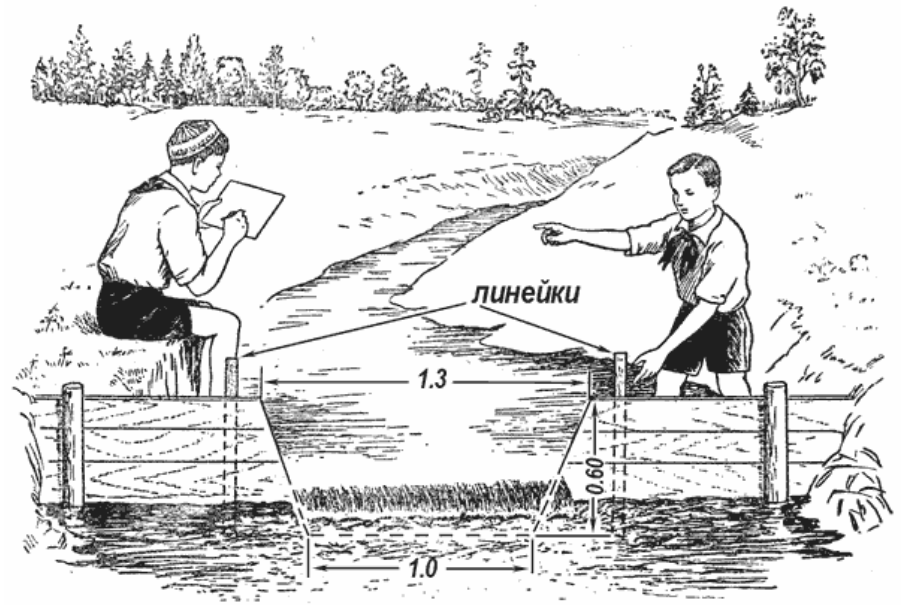
очень просто и быстро с помощью так называемого **водослива**.

Водосливы бывают двух систем: в виде трапеции и в виде треугольника. В зависимости от ширины вашего ручья сколотите из досок один из изображенных на рисунках водосливов (размеры указаны в метрах). На обеих боковых гранях наметьте через каждый сантиметр черточки или просто прибейте две ученические линейки.



Треугольный водослив.

Выберите на ручье более узкий и прямой участок и перегородите его водосливом; при этом вкопайте его бока глубоко в землю, а низ — в дно ручья, чтобы вода нигде не просачивалась. Если течение сильное, придется, возможно, с водой побороться — заткните щели пучками травы, глиной, закрепите все сооружение камнями и кольями.



определение расхода воды с помощью трапецеидального водослива.

Вода, запертая водосливом, поднимется и через его отверстие начнет переливаться. Подождите немного, пока подъем- не прекратится, и заметьте на вашей линейке, на каком уровне она встанет.

На этом измерения заканчиваются. Ищите в помещенной на стр. 192 таблице заранее вычисленный расход воды.

Глава третья
МЫ САМИ СНИМАЕМ ПЛАНЫ

Компас

Компас — прибор для распознавания стран света — был изобретен еще в древние времена (2500 лет до нашей эры) в Китае. Потом он был изобретен вторично в Европе в XIV веке.

Удивительное свойство железной руды (магнитного железняка) притягивать к себе железо знали древние греки. Называется это свойство **магнетизмом**. Если потереть магнитным железняком кусок стали, например стрелку, то и она приобретет это же свойство.

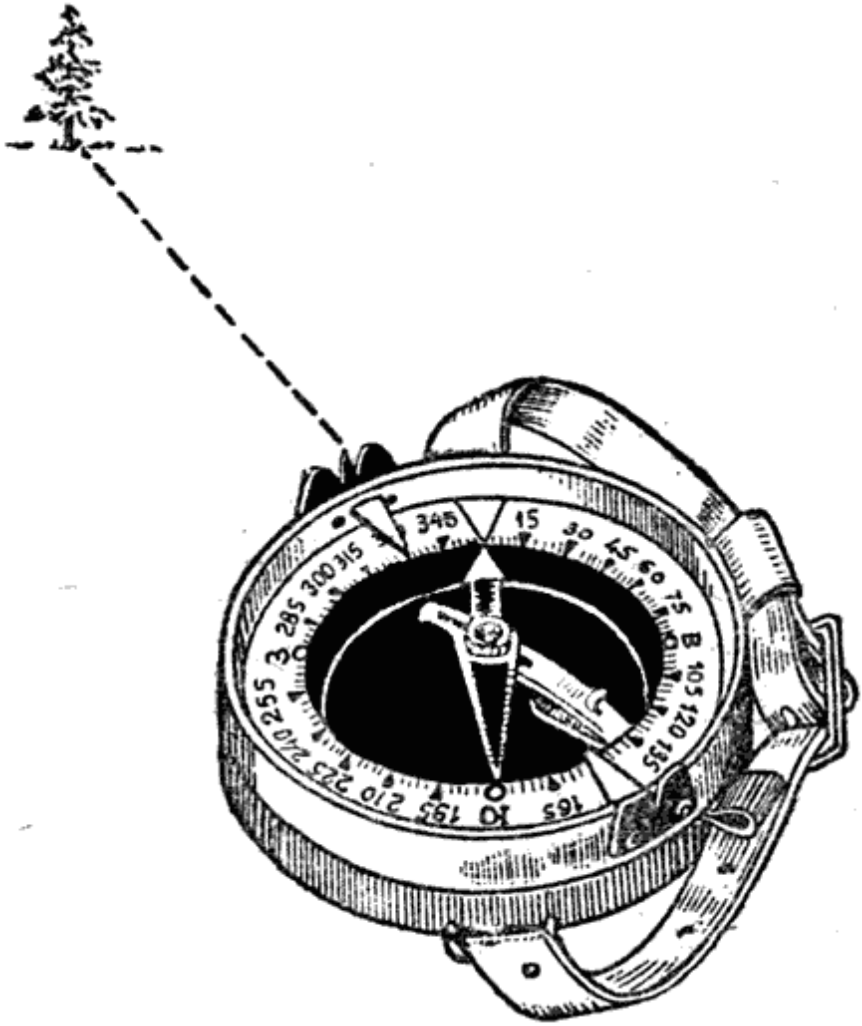
Наибольшим притяжением на стрелке обладают ее концы, которые называются полюсами — северным и южным. Земной шар сам по себе представляет огромный магнит с полюсами, находящимися невдалеке от географических полюсов. Поэтому, если магнитную стрелку надеть на острие иглы, она сейчас же повернется одним концом к Северному полюсу, другим — к Южному.

Компас — это круглая коробочка, в которой находится насаженная на острие магнитная стрелка. Сбоку коробочки имеется специальная защелка, прижимающая стрелку. Если защелку отпустить, стрелка начинает вертеться, пока не остановится, указывая своим концом на север. На дне коробочки нанесены градусные деления.

На школьном компасе северный конец стрелки зачернен; деления обычно идут через пять градусов, но градусы не подписаны, а стоят буквы, показывающие страны света, — С, Ю, В, З —север, юг, восток, запад.

На рисунке изображен так называемый компас Адрианова. Постарайтесь достать именно такой: с ним удобнее работать. Он немного больше школьного; деления у него идут через три градуса, с боков приделаны ушки для ремешка; крышка компаса вращается, и на ней прикреплены две стойки — одна с прорезью, другая с мушкой, как в ружье. Вы можете, держа все время стрелки на нуле делений, повернуть кольцо и нацелиться через прорезь и мушку на какой-нибудь предмет.

Этим компасом можно пользоваться и в темноте; северный конец стрелки, указатели для отсчетов градусов и маленькие точки на делениях 0°, 90°, 180°, 270° покрыты светящимся фосфорным составом.



Компас системы Адрианова.

Когда вы не работаете с компасом, держите стрелку в зажатом положении.

Магнитные полюсы не совпадают с географическими. Северный магнитный полюс лежит к западу от Гренландии, и стрелка показывает именно на него, а не по истинному направлению на север. Угол, на который отклоняется магнитная стрелка, называется **магнитным склонением**. В разных частях Земли величина его различна.

Магнитное склонение не остается постоянным для каждой местности. В течение столетий, а также в течение года оно

медленно изменяется — от 3' до 8'. В течение суток стрелка отходит от своего среднего положения на 15'. Под влиянием грозы она может сразу отклониться на 2°. На нее действуют землетрясения, происходящие даже на противоположной стороне земного шара. Под влиянием появления на солнце пятен на Земле возникают так называемые магнитные бури, во время которых стрелка начинает неравномерно колебаться.

В некоторых определенных местах земного шара стрелка неожиданно резко отклоняется в сторону. Это говорит о том, что в данном месте в недрах Земли находятся большие залежи магнитного железняка, притяжение которого пересиливает влияние магнитных полюсов Земли. Это явление называется **магнитной аномалией**. Самая большая магнитная аномалия находится в СССР, в Курской области, в районе Старого Оскола.

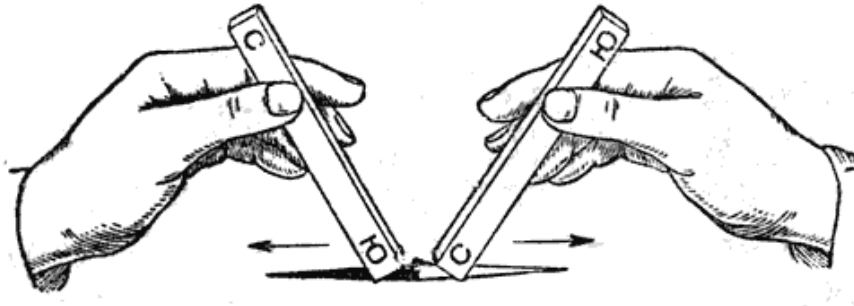
Я работал на изысканиях в этом районе и производил любопытные опыты с компасом. Когда я выдвигал защелку, стрелка дергалась, а ее черный конец прижимался ко дну компасной коробки. Я замечал, что этот конец показывал и на запад, и на восток, и даже на юг. В двух точках, расположенных на километр одна от другой, стрелка иногда показывала в совершенно противоположные стороны.

На картах тех районов было написано: «Пользоваться компасом невозможно».

Впрочем, если и в обычных условиях поднести к стрелке топор или какой-либо другой железный предмет, она тоже начнет прыгать и вскоре притянется северным концом к топору. Действие железного предмета пересиливает влияние магнитных полюсов Земли. Если вы подносите к компасу топор, а стрелка колеблется медленно и слабо, это означает, что она сильно размагнитилась.

Если в школьном физическом кабинете есть магниты в виде продолговатых брусков, стрелку можно вновь намагнитить. Для этого выньте ее из компаса, положите на стол и натирайте магнитами от середины к концам. После 15—20 движений стрелку переложите другой стороной вверх и вновь начинайте тереть.

К северному концу стрелки прикладывается южный конец магнита, к южному — северный.



Так намагничивается стрелка.

Я рассказал столько плохого про магнитную стрелку, что вы, пожалуй, скажете: зачем же ею пользуются, когда надеяться на нее нельзя? На это я отвечу: землетрясения и магнитные бури случаются не так уж часто. Большинство мест с магнитными аномалиями известно. В грозу, действительно, с компасом работать нельзя. Суточными колебаниями стрелки можно пренебречь. Железные предметы держите подальше от компаса. Магнитное склонение, которое изменяется в течение года и столетий, учесть возможно всегда.

Хотите, вычислите его сами. Для этого надо узнать точное направление на север — **истинный меридиан**.

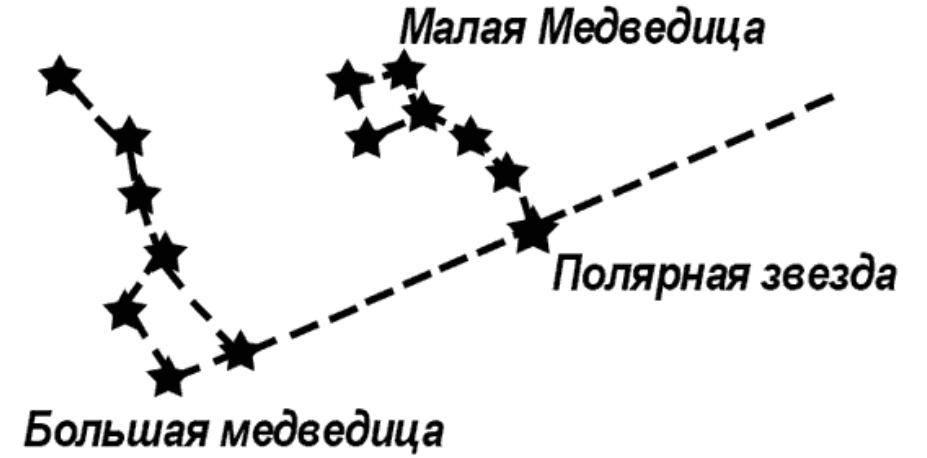
Истинный меридиан

Существует несколько способов нахождения истинного меридиана.

Предлагаю вам два из них на выбор.

Первый способ — по Полярной звезде.

Полярную звезду отыскать на небе очень легко. Вероятно, вам известно положение созвездия Большой Медведицы — ковша с длинной ручкой, состоящего из семи звезд. Мысленно проведите прямую линию через две крайние звезды ковша, продлите эту линию на расстояние, примерно равное длине всего созвездия, и вы обнаружите Полярную звезду.



Полярную звезду отыскать на небе очень легко.

Северный полюс вселенной, то-есть та точка, на которую направлено продолжение земной оси, находится близ Полярной звезды. С Земли кажется, что эта точка неподвижна, а остальные звезды Северного полушария вращаются вокруг нее. Вращается вокруг этой точки и Полярная звезда, но только в пределах немногим более ***1***°.

Поэтому, если вы хотите определить истинный меридиан с ошибкой не больше чем в ***1½***°, станьте на определенную точку на местности и поставьте вешки в створе вашего глаза и Полярной звезды. Так как работать придется в темноте, при установке вешек сигнализируйте фонарями.

Второй способ — с помощью вязальной спицы.

Этот способ более точный, но он отнимет у вас весь день — с 6 часов утра и почти до захода солнца.

Начертите вечером на большом листе бумаги штук пять концентрических окружностей, из них меньшую — радиусом около 10 сантиметров, а большую — насколько позволят размеры вашего циркуля, но не меньше 18—20 сантиметров. Прикрепите кнопками этот лист к чертежной доске. В крайнем случае, если нет доски или хотя бы ровного куска фанеры, придется вынести в поле стол с гладкой крышкой. Захватите с собой линейку, треугольник, циркуль-измеритель, колышки, топор, вешки и, наконец, достаньте где-нибудь совершенно прямую вязальную спицу.

Имейте в виду, что эту работу можно производить только в

ясный, солнечный день.

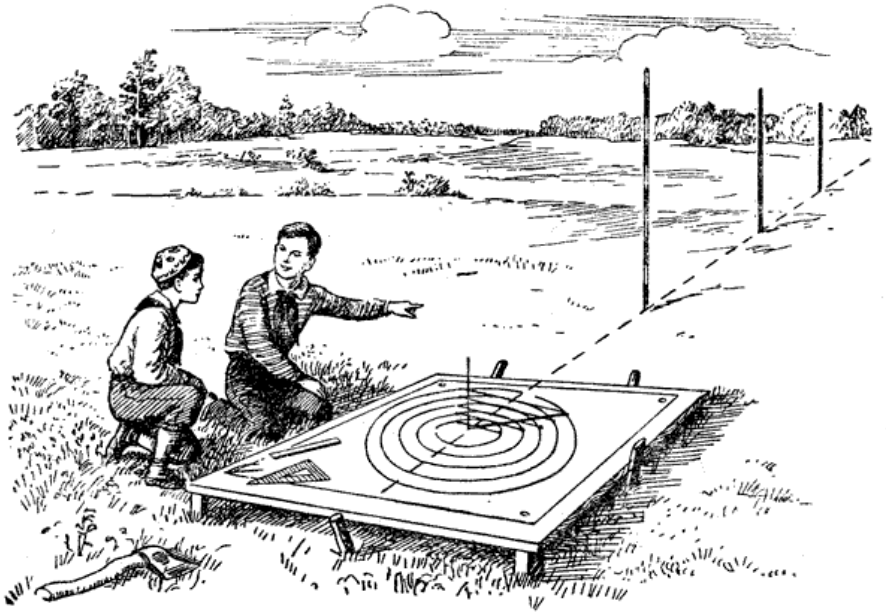
Забейте четыре колышка и положите на них доску так, чтобы ее поверхность была горизонтальна.

Горизонтальность доски очень важна, от этого зависит точность ваших наблюдений. Если можно, проверьте ее плотничным уровнем. Для этого положите уровень на доску, подбейте колышки так, чтобы пузырек уровня оказался на середине трубочки, потом переложите уровень на 90° и вновь подбейте колышки; попеременно то подбивая колышки, то перекладывая на 90° уровень, вы добьетесь того, что пузырек при любом положении уровня будет оставаться на середине трубочки.

Если нет уровня, горизонтальность доски в открытой и равнинной местности можно проверить иначе: лягте на живот и сравните края доски с линией горизонта. Воткните спицу, которая в данном случае будет называться **гномоном**[14], вертикально в центр окружностей. Вертикальность гномона проверьте треугольником. Чтобы доску нельзя было сдвинуть с места, закрепите ее колышками.

Теперь можно приступить к наблюдениям. Смотрите на постоянно укорачивающуюся тень спицы и отмечайте те точки на ваших окружностях, которых коснется конец тени спицы. Имейте в виду, что за черной и резкой тенью идет более светлая и расплывчатая полутень, но вы не обращайте на нее внимания.

Вечером, когда вы закончите наблюдения, соедините, не поднимая доски с колышков, прямыми линиями каждую пару точек, лежащих на одной и той же окружности. Разделите эти линии пополам. Середины всех пяти линий окажутся примерно на одной прямой. Тогда проведите по доске прямую линию через центр окружностей и, по возможности, через полученные пять точек. Если какая-либо из этих точек отскочит в сторону, не принимайте ее во внимание. Проведенная прямая линия и есть истинный меридиан: север — юг.



Эта прямая линия и есть истинный меридиан.

Но какой конец меридиана северный, какой южный? В СССР солнце движется по южной части неба — значит, тень от спицы находилась все время в северной части доски. Воткните на начерченной линии у края доски булавку. По спице и булавке выставьте вешки. Это и будет направление истинного меридиана.

Теперь вытащите спицу и положите на доску компас так, чтобы буквы С — Ю компаса совпали с линией истинного меридиана, и посмотрите, на какой угол и в какую сторону отклонилась стрелка. Этот угол и есть магнитное склонение. В зависимости от того, куда отклонилась стрелка, различают **западное** и **восточное** склонение.

Верный друг

Это было зимой 1942 года под Сталинградом. Однажды вечером меня вызвал командир части и приказал немедленно идти пешком в штаб командования. Я взял карту, провел на ней черту между обоими населенными пунктами — где был я и где находился штаб; смерил расстояние — оказалось 35 километров. Вся карта была разграфлена вертикальными и горизонтальными линиями на двухсантиметровые клетки. По транспортиру я определил, чему равен угол между вертикальной линией и той

косой чертой, по которой мне предстояло идти; получилось 30°. За рамкой карты было написано: «Магнитное склонение западное — 5°».

«30° + 5°, — рассуждал я, — значит, северо-восток 35°. Вот угол, по которому меня поведет компас».

Я взял компас и двинулся в поход. Было темно. Я вытянул защелку — светящаяся стрелка вздрогнула, слегка закачалась и остановилась. При свете фосфора были ясно видны градусные деления. Я повернул компас так, чтобы стрелка легла по линии С — Ю, увидел цифру 35° и определил, куда мне идти. Скоро белое безмолвие обступило меня со всех сторон. Ничего не было видно, кроме темного ночного неба и ровной снежной степи.

Время от времени я вытаскивал компас, выдвигал защелку и проверял направление — 35°.

К утру я пришел в назначенный пункт и, выполнив задание, двинулся обратно.

А теперь давайте поговорим немного о теории.

Я упомянул о том, что карта была разделена на клетки вертикальными и горизонтальными линиями. Я думаю, вам известно, что географические карты всегда чертятся так, что север находится наверху карты, а юг —внизу. Так же обычно чертятся и планы. Вертикальные линии на моей карте и соответствовали направлению север — юг, то-есть истинному меридиану.

А я двинулся в путь по какому-то углу, отсчитанному от этого истинного меридиана. Этот угол, образуемый между истинным меридианом и тем направлением, по которому я пошел, считая по ходу часовой стрелки, то-есть вправо, называется **истинным азимутом**. В данном случае он был равен 30°.

В астраханских степях магнитное склонение было западное — 5°, и я шел по компасу, по углу в 35° вправо от северного конца стрелки[15].

Этот угол, образуемый между северным концом магнитной стрелки и тем направлением, по которому я пошел, считая по ходу часовой стрелки, называется **магнитным азимутом**. Он отличается от истинного на магнитное склонение. В данном случае он был равен 35°.

В окружности 360°, и азимуты считаются по ходу часовой стрелки от 0° до 360°.

Когда я возвращался в свое подразделение, я шел по азимуту обратному, то-есть 215° (35° + 180°).

Каждая прямая линия на местности образует какой-то угол с направлением север — юг и, значит, имеет свой азимут — магнитный и истинный.

По определенному, заранее вычисленному или измеренному по карте азимуту самолеты летят по курсу (слепой полет), пароходы пересекают моря, изыскатели разбивают длинные, прямые трассы, в городах и поселках проводятся красные линии будущих улиц. Но чтобы наметить или вычислить эти азимуты, необходимо знать с большей или меньшей точностью местоположение тех пунктов, между которыми надо провести линию по данному азимуту.

Для Метростроя ошибка в исходных точках в 2-3 сантиметра уже велика, а для самолета и для парохода точность достаточна в пределах нескольких километров.

Вообще компас — замечательный прибор; его стрелка, неизменно показывающая на север, не подведет никогда (разумеется, за исключением мест с магнитной аномалией). Сколько раз во время войны и в болотах Белоруссии и в Беловежской пуще эта маленькая круглая коробочка со стрелкой, светящейся ночью, была моим единственным проводником. Компас — это настоящий, верный друг.

Компасом руководствовались путешественники прежних времен и на суше и на море. Именно по компасу приводили мореплаватели свои корабли в нужные гавани. Но только у путешественников был не маленький компас, а круглая коробка со стрелкой значительно больших размеров и, следовательно, более точная, так называемая **буссоль**.

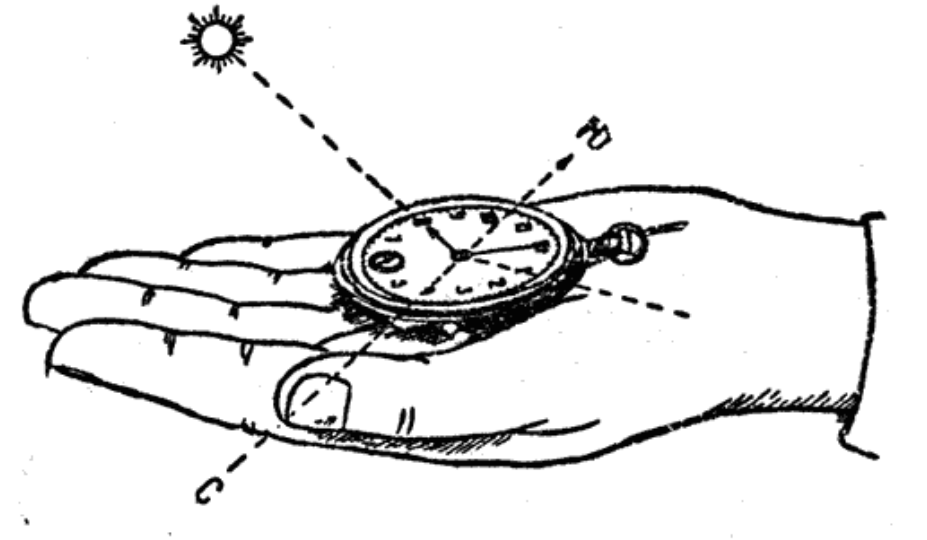
Буссоль является составной частью многих геодезических инструментов. Иногда она употребляется и как самостоятельный прибор.

Без компаса

Часто во время туристских походов или просто на прогулке необходимо бывает хотя бы примерно узнать, где находятся страны света, а компаса нет.

Можно это узнать с помощью часов и солнца следующим способом.

Положите часы на ладонь горизонтально, как показано на рисунке, и повернитесь так, чтобы часовая стрелка указывала на то место горизонта, которое находится под солнцем. Мысленно разделите пополам угол между часовой стрелкой и цифрой 1 (13 часов) на циферблате. Биссектриса укажет своим концом на юг. До полудня надо делить пополам ту дугу на циферблате, которую часовая стрелка должна пройти до 13 часов, а после полудня — ту дугу, которую она прошла после 13 часов.



Определение стран света по солнцу и часам.

Почему берется 13 часов? Потому что наши часы переведены в среднем на один час вперед в сравнении с солнечным временем, и полдень наступает примерно в 13 часов.

Почему угол на циферблате делится пополам? Потому что часовая стрелка в течение суток обходит весь циферблат дважды.

Этим способом рекомендуется пользоваться по утрам и вечерам, и лучше зимою и осенью, когда день короче. В южных широтах, например в среднеазиатских республиках, он дает менее точные результаты. Около полудня можно примерно узнать, где север, где юг, и без помощи часов, а просто по тени, отбрасываемой деревьями и столбами. Как определить ночью по Полярной звезде, где север, вы уже знаете.

В природе вокруг нас есть очень много признаков, по которым можно примерно определить страны света. Но эти признаки не особенно надежны, им можно доверять только в том случае, если два или три из них более или менее сойдутся.

1. Муравейники чаще всего расположены к югу от деревьев или кустов.

2. Лишайники и мхи гуще покрывают северную сторону стволов деревьев и камней.

3. Весной трава на северных окраинах лесных полян и к югу от больших деревьев и камней более густая, а летом раньше желтеет и сохнет.

4. Ранней весной северные склоны долин и оврагов, обращенные к солнцу, раньше освобождаются от снега, а лунки вокруг деревьев, образовавшиеся от таянья снега, вытянуты к югу.

5. Ягоды земляники и яблоки с южной стороны краснее.

6. Кора деревьев с северной стороны темнее и грубее.

7. Просеки в больших лесах, разделяющие лесные кварталы, проводятся по магнитному меридиану, по линиям север — юг и восток — запад, причем по четырем цифрам на квартальных столбах всегда можно узнать, что просека, отделяющая две меньшие цифры, проходит с запада на восток. Предупреждаю, не спутайте с просекой, проведенной изыскателями различных трасс — железнодорожной, высоковольтной передачи и др.

О масштабах

С масштабом, я думаю, вы имели дело в школе, на уроках географии.

В самом начале книги я упоминал, что карта — это уменьшенное изображение поверхности Земли на бумаге. Так вот, число, которое показывает, во сколько раз уменьшено изображение на карте, называется **масштабом**.

Карты одной и той же местности бывают разные. Карта СССР из вашего учебника совсем маленькая: она уменьшена в сорок миллионов раз. Карта СССР, которую вешают на классную доску во время урока географии, значительно больше, или, как говорят, масштаб этой карты более **крупный**. Она уменьшена в три или в пять миллионов раз.

На планах изображается сравнительно небольшая часть Земли. Поэтому масштабы планов значительно крупнее масштабов карт. Я упоминал о плане одной только Москвы, который не смог бы поместиться на полу самого большого зала. А ваш первый план школы? Чтобы ясно были видны все мелочи, вроде ступенек крыльца, участок потребовалось уменьшить только в пятьсот раз. Мы с вами чертили план комнаты и уменьшали его против действительности всего в 50 или в 20 раз.

На картах и планах всегда пишут дробь с единицей в числителе и со знаменателем, показывающим, во сколько раз эти карты и планы уменьшены против действительности. Эта дробь называется **численным масштабом**; пишется она так: 1/2000, или в виде отношения 1 : 2000. Это значит, что план в сравнении с местностью уменьшен в две тысячи раз.

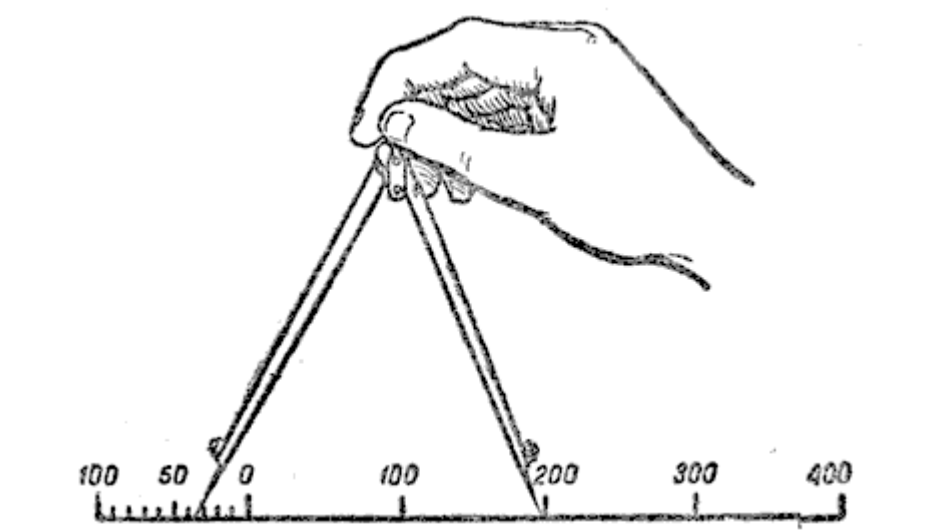
Измеряя на плане расстояния между точками, вы всегда можете высчитать, чему они равны в действительности. Например: длина линии на плане — 5,3 сантиметра; помножьте

на 2000 и для перевода из сантиметров в метры разделите на 100; получится 106 метров. Но не проще ли вместо того, чтобы умножать, а потом делить, откинуть от 2000 два нуля и сразу умножить 5,3 на 20? Так всегда и поступают. Обычно масштабы планов бывают округленными числами, имеющими впереди цифры 1, 2, 5, 25. Например 1 : 10 000, 1 : 200, 1 : 200 000, 1 : 5000, 1 : 25 000.

Выберите для вашего живого сечения реки и для вашей съемки вдоль реки такой масштаб, чтобы чертежи поместились на листе бумаги.

Численный масштаб неудобен тем, что каждый раз приходится вычислять длину измеряемой по плану линии. Для удобства работы с картами и планами был придуман **масштаб линейный**.

Проведите линию и отложите на ней части, равные 2 сантиметрам; вычислите, какой длины линии на местности соответствуют этим 2 сантиметрам на плане, и поставьте над каждой чертой цифру метров (здесь изображен линейный масштаб, соответствующий численному 1 : 5000).



Линейный масштаб

Обратите внимание: ноль ставится не в начале, а у черты второго сантиметра и первый отрезок разделен на десять частей. Так удобнее откладывать и измерять циркулем расстояния.

На рисунке циркуль показывает 236 метров; линейный масштаб имеет тот недостаток, что отрезки меньше 2

миллиметров оцениваются на глаз, а это ведет к некоторой неточности. Топография же требует точности.

Топографы пользуются так называемым **поперечным масштабом** (см. рисунок на стр. 80). С помощью его можно откладывать величины с точностью до 0,2 миллиметра.

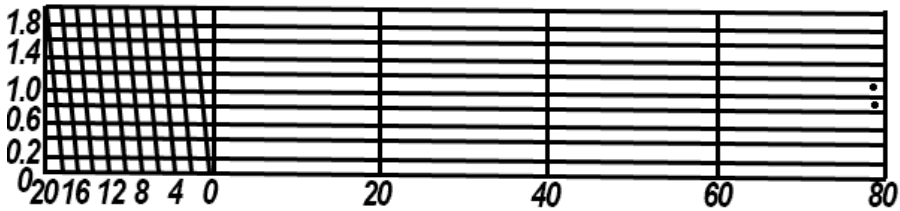


Рис. со стр. 80. Поперечный масштаб.

Возьмите небольшую гладкую дощечку 12X4 сантиметра, наклейте на нее кусок самой лучшей ватманской бумаги и начертите поперечный масштаб, как указано на рисунке. Тут самое ответственное — это совершенно точно отложить деления. Раз вы собираетесь выполнять настоящие топографические работы, отнеситесь к поперечному масштабу как можно серьезнее. Обычные линейки и треугольники не годятся: там толщина самих штрихов доходит до 0,5 миллиметра, а зачастую они и вовсе бывают неверны. Постарайтесь достать большой металлический транспортир; на нем внизу нанесен иглою с точностью до 0,1 миллиметра поперечный масштаб. Переведите его с помощью измерителя на вашу дощечку и вычертите рейсфедером и тушью. В крайнем случае воспользуйтесь металлической или логарифмической линейкой — на их кромках очень тонко нанесены миллиметровые деления.

Поперечный масштаб строится так. Проводят одиннадцать параллельных горизонтальных линий, расстояния между которыми произвольны, но равны, затем вертикальными линиями их делят на двухсантиметровые клетки. У концов средней горизонтальной линии, чтобы она яснее выделялась, ставят по две точки, на нижней и на верхней линиях крайней левой клетки через 2 миллиметра ставят черточки; затем проводят наискось десять линий, соединяя их через черточку.

По краям получаются узкие и длинные треугольники, каждый из которых, в свою очередь, состоит из десяти постепенно уменьшающихся подобных треугольников.

Маленькая сторона самого большого треугольника равна 2 миллиметрам (по построению). Исходя из подобия этих

треугольников, видно, что по второй линии сверху эта сторона равна 1,8 миллиметра, по третьей — 1,6, по средней (шестой) — 1,0, а по второй снизу, уже сливаясь с соседними линиями,— 0,2 миллиметра.

Величину 0,2 миллиметра топографы принимают за минимальную, которую они могут построить на плане с помощью циркуля-измерителя или острого карандаша. Считается, что диаметр отверстия от накола циркуля равен 0,2 миллиметра.

Цифры на помещенном на этой странице рисунке показывают, что в данном случае мы имеем дело с масштабом 1 :1000.

Расстояния по поперечному масштабу откладываются с помощью циркуля-измерителя. Сперва отложите по нижней линии метры, а потом ведите обеими ножками циркуля вверх, пока не дойдете до той линии, которая соответствует заданным десятым долям метра.

Вообще, чтобы научиться быстро откладывать расстояния по масштабу, надо хорошенько попрактиковаться в этом. Советую вам вечером перед выходом на съемку посидеть часа два и освоить поперечный масштаб.

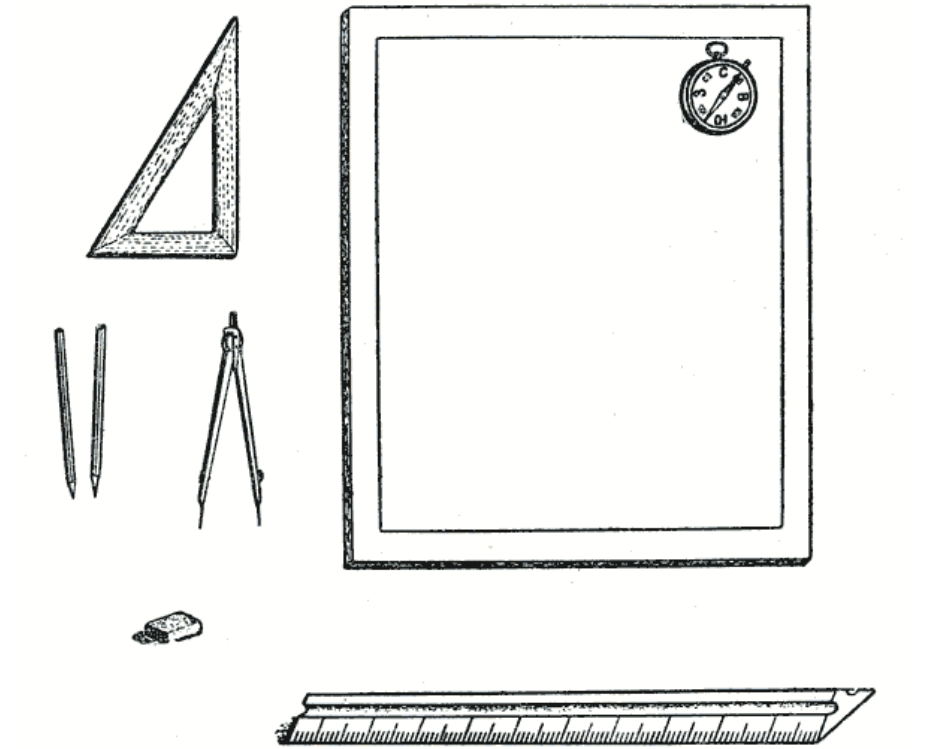
План на глаз

Не смущайтесь, что первый ваш план будет глазомерным.

У начинающих топографов, у студентов-практикантов, я часто замечал, если можно так выразиться, боязнь пространства. Местность настолько разнообразна, что у них буквально разбегаются глаза, и они не знают, с чего и как начать.

Эту боязнь пространства обязательно надо победить, и глазомерная съемка даст вам очень хорошую практику.

Съемка подробностей всецело зависит от масштаба плана. Наиболее крупным масштабом для глазомерной съемки можно считать 1 : 2000. При этом заснимается каждый дом в отдельности, а мелкие сарайчики пропускаются. При масштабе 1 :5000 отдельно заснимаются только большие здания, а обычно наносятся улицы и кварталы целиком, но в поле, где ориентиров мало, необходимо заснять даже отдельные деревья. Для масштаба 1 : 10 000 можно пропустить полевые дороги и мелкие изгибы реки.



Набор инструментов для глазомерной съемки.

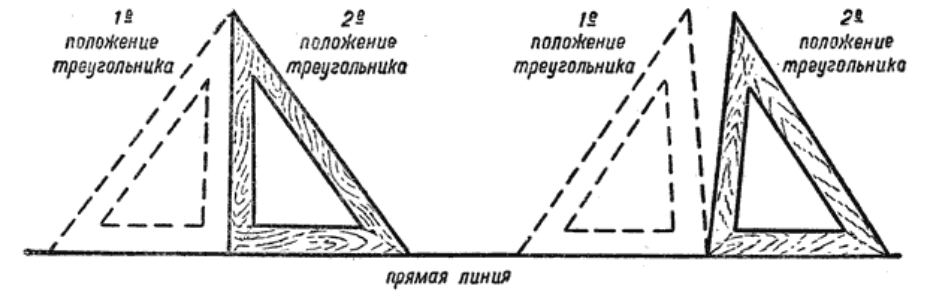
Набор инструментов для глазомерной съемки невелик. Заготовьте прямоугольный кусок фанеры или картона 30 Х 40 сантиметров, приклейте к нему за уголки лист хорошей, выдерживающей резинку бумаги (кнопками пришпиливать нельзя, так как они будут влиять на магнитную стрелку), затем на расстоянии 2 сантиметров от краев фанеры начертите карандашом рамку. В правом верхнем углу пробейте два отверстия, через которые протяните шнурок для закрепления наглухо компаса. Закрепите компас так, чтобы линия С-Ю на дне коробки была параллельна боковой рамке. Так у вас получился съемочный инструмент, называемый **планшетом**. Теперь достаньте два-три остро отточенных карандаша, резинку, циркуль-измеритель, треугольник и трехгранную масштабную линейку. Советую все эти мелочи держать в специальном футлярчике.

Треугольник и линейку обязательно поверьте.

Приложите к листу бумаги линейку и прочертите вдоль ее кромки прямую линию, затем переверните линейку на 180°,

приложите ее к начерченной линии и вновь проведите черту. Если обе черты будут параллельны или совпадут, значит линейка правильна.

Треугольник поверяется так: проведите прямую линию, приложите к ней один из катетов треугольника и проведите вторую линию по другому катету, затем переверните треугольник и вновь приложите его к этой линии, но уже по другую ее сторону; если обе линии совпадут, значит получился перпендикуляр и, следовательно, треугольник правильный.



Поверка треугольника. Слева — треугольник правильный, справа — неправильный.

Забирайте ваши инструменты и идите в поле. Выберите для съемки участок не слишком застроенный, но и не слишком однообразный. Лучше всего выбрать какую-либо дорогу, по которой вы будете идти, считая шаги и заснимая все то, что видите по сторонам в пределах километра.

Масштаб съемки советую взять 1:10 000.

Точки обоснования, от которых ведется съемка, называются **станциями**.

Станьте в начальную точку возле дороги, выдвиньте защелку стрелки компаса, дайте стрелке успокоиться, осторожно поворачивайте планшет до тех пор, пока стрелка не совпадет с линией С-Ю компасной коробки[16]. Это значит, что вы **ориентировали** планшет по направлению магнитного меридиана.

Нанесите на бумагу возле рамки кружок с точкой (станцию № 1). Сообразуясь с местностью и компасом, примерно рассчитайте, в каком углу планшета следует нанести этот кружок, чтобы ваш будущий глазомерный план целиком поместился на планшете.

Приложите к этому кружку правую кромку линейки. Теперь, нисколько не поворачивая планшет, приподнимите его обеими руками до уровня глаз, отнимите левую руку от планшета и,

осторожно передвигая линейку, направьте верхнее ребро ее на ближайший изгиб ручья. Разумеется, правая кромка линейки должна все время касаться кружка — станции № 1.

Наблюдение через ребро линейки на определенные пункты называется **визированием**, трехгранная линейка называется **визирною**, а воображаемая линия, которая идет от вашего глаза по верхнему ребру линейки до данного пункта, называется **линией визирования**.

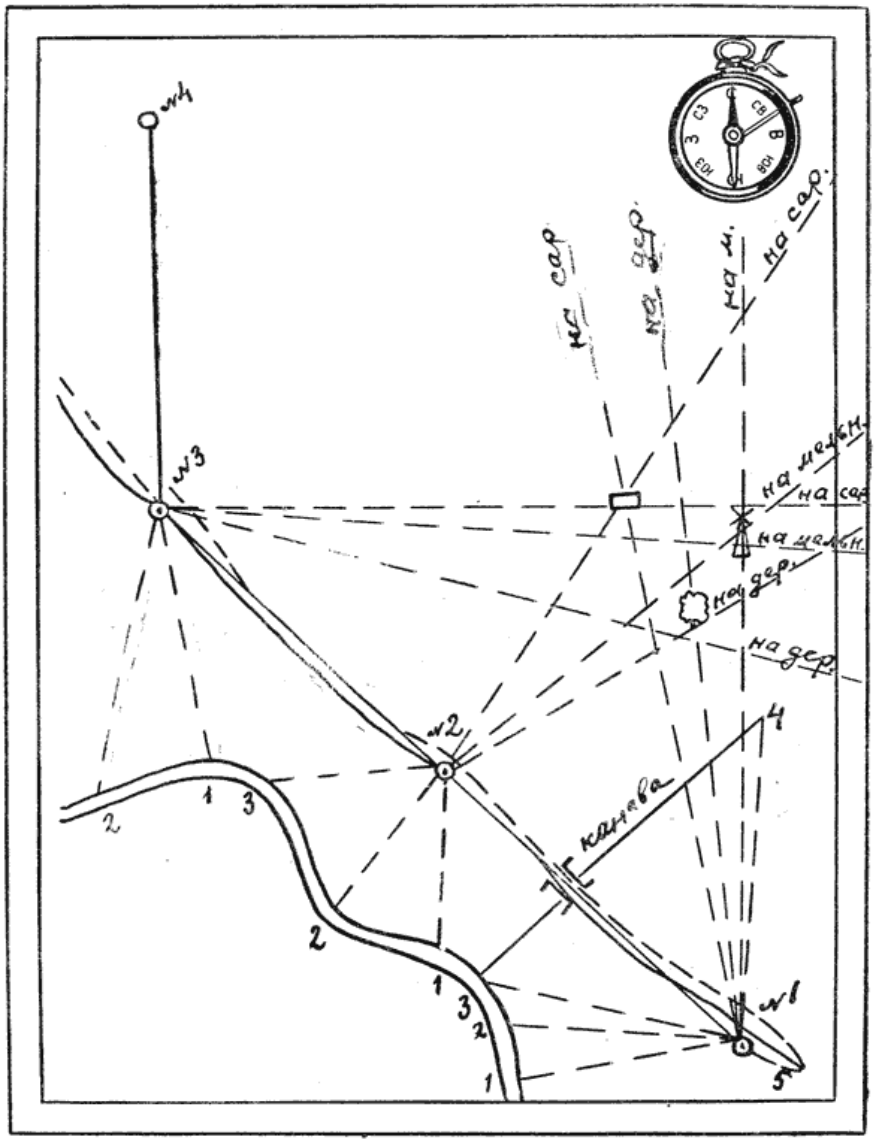
Когда направление взято, осторожно, чтобы планшет не повернулся и линейка не сдвинулась, опустите планшет. Определите на глаз расстояние до ручья; отложите циркулем от кружка станции № 1 это уменьшенное в десять тысяч раз расстояние вдоль кромки визирной линейки. Точка накола циркуля даст ручей. Но чтобы показать изгибы ручья, необходимы еще точки на его берегу.

Снова поставьте планшет по стрелке, приподнимите его до уровня глаза и, держа правую кромку линейки у кружка станции № 1, провизируйте линейкой на следующий изгиб ручья. Так же на глаз определите расстояние и наколите точку этого изгиба. Повторите эти действия и с третьей точкой на ручье. Эти три точки на вашем планшете плавно соедините между собой. У вас получилась искривленная линия. Следующий изгиб ручья находится далеко, возьмите его лучше с соседней станции.

Таким же образом направьте линейку на канаву, на поворот дороги. Этот способ съемки, когда из одной точки (станция № 1) расходятся лучи-направления, называется **полярным**; при этом расстояния до предметов считаются известными (правда, они оценены на глаз).

При крупномасштабной инструментальной съемке полярный способ очень распространен, но при глазомерной он годится для съемки только ближних предметов, иначе ошибка в оценке расстояний будет чересчур велика.

Для съемки более дальних предметов надо применять другой способ, о котором я расскажу, когда вы перейдете на станцию № 2. А пока, так же ориентируя планшет, провизируйте линейкой без определения расстояний на более дальние предметы: на дерево, на мельницу, на сарай. Прочертите направления на эти предметы через весь планшет и у концов их запишите: «На мельницу», «На дерево», «На сарай». Посмотрите внимательно, все ли вами заснято. Мелочи, вроде телеграфных столбов, отдельных кустов, не заснимайте, берите только основные ориентиры.



Планшет глазомерной съемки с засечками с трех станций на отдаленные предметы.

Теперь заметьте впереди на дороге или около нее куст, дерево или столб. Провизируйте линейкой направление на него, начертите линию и идите к этому предмету, считая шаги. Возле него будет ваша станция № 2.

Ход по дороге, на котором через 200-400 метров расположатся станции, есть ход обоснования вашей съемки, а

все, что вы заснимаете и зарисовываете по сторонам, — это ситуация. При глазомерной съемке вы одновременно ведете работы и по обоснованию и по ситуации: вы заняты не только съемкой плана, но и чертите его тут же, в поле. На некоторые подробности вы даже можете не направлять линейки, а просто нанести их на глаз.

Весь ваш план выйдет более точным, если вы все расстояния между станциями будете измерять не шагами, а ковыльком.

Не забывайте стрелку компаса все время ориентировать по линии С-Ю.

Держать планшет в руках, то поднимая его к глазу, то опуская, и одновременно наблюдать за стрелкой и направлять линейку не так-то легко. Нужно приобрести для этого известную сноровку. Если вам попадется по дороге какой-либо столбик, перила моста или пенек, обязательно воспользуйтесь ими для устройства станции: имея под планшетом устойчивую опору, вести съемку гораздо удобнее. Только берегитесь: не вздумайте поставить планшет на железный столб, так как непредвиденная «магнитная аномалия» испортит вам всю съемку. Даже циркуль-измеритель держите подальше от компаса.

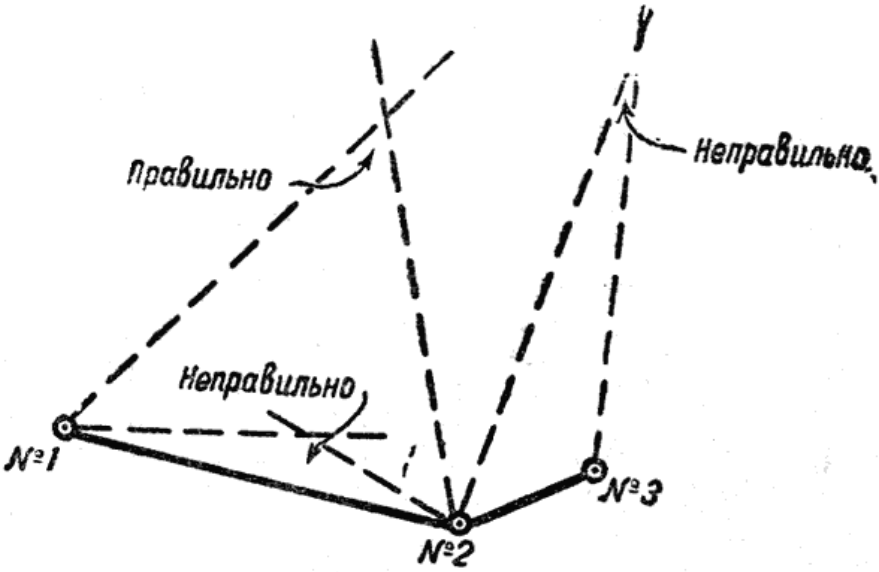
Отмеряя расстояние до станции № 2, заметьте, на каком метре пришелся мостик через канаву, нанесите на планшет и мостик и станцию № 2 и вновь начинайте наблюдения, прикладывая правую кромку линейки на этот раз к другому кружку на планшете — к станции № 2.

Засняв со станции № 2 ближайшие предметы, провизируй-те вашей линейкой на те дальние — дерево, сарай и мельницу,— на которые вы прочертили направления со станции № 1. Эти направления пересекутся в каких-то точках. Если вы все работы вели очень аккуратно и нигде не ошиблись, в точках пересечения ваших направлений и надо нанести снимаемые предметы: в одной — дерево, в другой — сарай, в третьей — мельницу. При съемке этих дальних точек вы применили способ засечек. Кстати, он уже вам немного известен. При съемке школы (стр. 52) вы его применили, когда привязывали столбы и колодцы. Но там у вас в треугольнике были известны все три стороны и ни одного угла, а здесь получился треугольник, у которого известна одна сторона и два прилегающих к ней угла.

Такая засечка называется **прямою**.

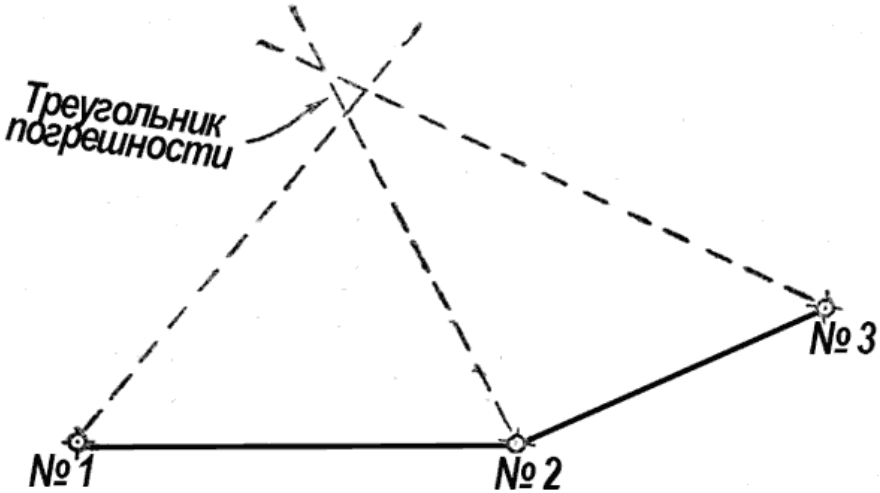
Угол у засекаемого предмета должен быть не менее 30° и не более 150°. Посмотрите на помещенный на стр. 87 чертеж; одна засечка получилась чересчур острой, а другая чересчур тупой. Ясно, если одна из линий визирования только чуть-чуть отклонится в сторону, засекаемое дерево попадет на плане совсем

в другое место.



Угол у засекаемого предмета должен быть не менее 30° и не более 150°. (Чертеж со стр. 87 — V_E)

Чтобы избежать ошибок, следует дать еще по засечке со станции № 3. Все три засечки должны сойтись в одной точке. Практически этого никогда не бывает, а получается **треугольник погрешности**, в центре которого теоретически и находится ваша точка. Если треугольник получился чересчур большой, значит одна из ваших засечек была ошибочна. Придется возвращаться — перемерять. Если же ни одна засечка не получается, повидимому неверно измерена одна из основных линий между станциями. Эту ошибку надо найти обязательно.



Треугольник погрешности.

Когда через 2-3 километра вы закончите съемку, идите домой и согласно помещенной в конце книги таблице условных знаков начертите ваш планшет тушью, а все карандашные линии засечек сотрите.

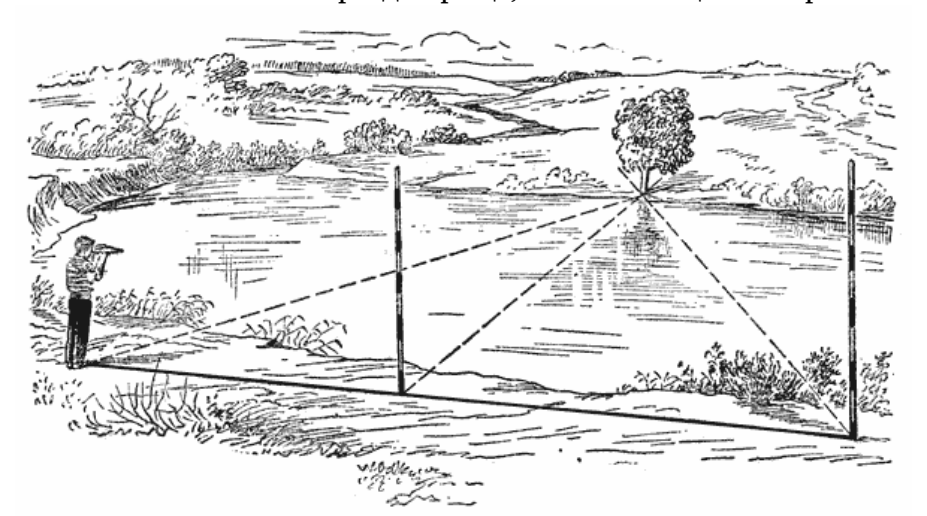
На примере глазомерной съемки ясно видна сущность всякой топографической съемки: для обозначения на плане отдельных деревьев, кустов, столбов достаточно нанести одну точку; для обозначения прямых линий — дорог, заборов, канав — нужны минимум две точки, которые потом соединяются прямой. Если линия на местности изгибается и поворачивает (ручей, дорога) или же образует какую-либо неправильную фигуру (лес, пруд), на плане приходится отмечать точки на всех углах и поворотах этой линии.

Чтобы нанести точку местности на план, проще всего либо взять на нее с двух разных, ранее определенных пунктов два направления (третье — это контроль) — способ засечек, либо взять одно направление и тогда измерить до нее расстояние (рулеткой, дальномером, шагами, ковыльком, оценить на глаз) — способ полярный, либо, наконец, с определенной точки на местности отмерить короткий перпендикуляр — способ ординат.

В военном деле глазомерная съемка особенно необходима разведчикам. Например, дана задача — нанести на существующую карту неприятельские укрепления. На планшет с компасом прикрепляется карта, и из разных, точно нанесенных на карту укрытых пунктов разведчик способом засечек наносит

недоступные ему дзоты противника. Если нет карты, работа разведчика сильно осложняется тем, что при составлении глазомерных планов он не имеет возможности измерять основные линии шагами, а должен выискивать какие-то другие способы определения расстояний.

Измерить ширину реки способом засечек с помощью планшета с компасом гораздо проще, чем с помощью эккера.



Измерение ширины реки способом засечек.

Промерьте вдоль берега прямую линию, на которой поставьте три вешки, нанесите в каком-либо масштабе эту линию с вешками на планшет и из всех трех точек возьмите засечки на точку на том берегу, а потом линейкой измерьте на планшете расстояние, и вы узнаете ширину реки.

Обоснование на закрытой местности

Вы получили теперь уже достаточную теоретическую и практическую подготовку и сумеете снять почти что настоящий план, хотя бы план пионерского лагеря. Инструментов и приборов тоже как будто достаточно — рулетка, ковылек, эккер, планшет с компасом, циркуль-измеритель, дощечка с поперечным масштабом, визирная линейка, треугольник, карандаши, резинка, перочинный ножик, топор, колья, вешки. Надо прибавить еще обыкновенный стол, или табуретку, или высокую подставку для цветов, вроде маленькой этажерки, но высотой 1,3-1,4 метра.

При глазомерной съемке вам приходилось то и дело

поднимать и опускать планшет, держа его все время ориентированным по стрелке. Таскать с собой за несколько километров стол тогда было невозможно. Теперь участок у вас небольшой и ничего не будет страшного, если прибавится лишний груз (некоторые топографические инструменты весят до 25 килограммов).

Итак, давайте снимать ваш пионерский лагерь. Начните с того, с чего полагается начинать съемку, — с обоснования. При глазомерной съемке вы занимались обоснованием одновременно с ситуацией. Теперь разделите оба этих вида работ. Ваша задача — точно нанести на планшет несколько пунктов: угловых точек вашего хода, с которых вы будете вести затем съемку. Эти точки обоснования составляют как бы скелет будущего плана. Работы по обоснованию надо провести значительно точнее, чем съемку ситуации, так как ошибка в обосновании будет влиять на качество всей съемки.

Сперва разберем более трудный случай, когда местность **закрытая**, то-есть когда много кустарника, деревьев, много зданий и вообще на участке, как говорят топографы, плохая **видимость**.

Обоснование съемки пионерского лагеря должно состоять из нескольких (примерно десяти) точек, расставленных вокруг территории лагеря и образующих фигуру замкнутого многоугольника неправильной формы. С расстановки этих точек вы и начнете работу. Берите колья, топор и идите.

Расставлять колья (сторожок с номером и точку) не так-то просто, нужно соблюдать определенные правила. Ставьте колья:

1) в стороне от дорог, чтобы их не могли сшибить;

2) на расстоянии 50-70 метров друг от друга;

3) с таким расчетом, чтобы удобно было вести промеры от кола до кола и чтобы была во все стороны хорошая видимость.

Масштаб выберите значительно более крупный, чем при глазомерной съемке, — 1 : 500 или 1 : 1000, в зависимости от размеров участка, с тем расчетом, чтобы съемка поместилась на одном планшете.

Итак, колья поставлены. Забирайте с собой все инструменты и приборы, кроме эккера и ковылька, и приступайте к работе. Стол с планшетом поставьте на точке № 1 так, чтобы он стоял ровно. Наметьте на краю планшета точку с кружком — угол № 1. Рассчитайте, на каком краю планшета нужно поставить эту самую точку. Смотрите, чтобы впоследствии, во время съемки, у вас не получилась «крупная неприятность», если вдруг окажется, что план поедет за планшет. Тогда ведь всю работу придется начинать сначала. Планшет подвиньте так, чтобы эта нанесенная

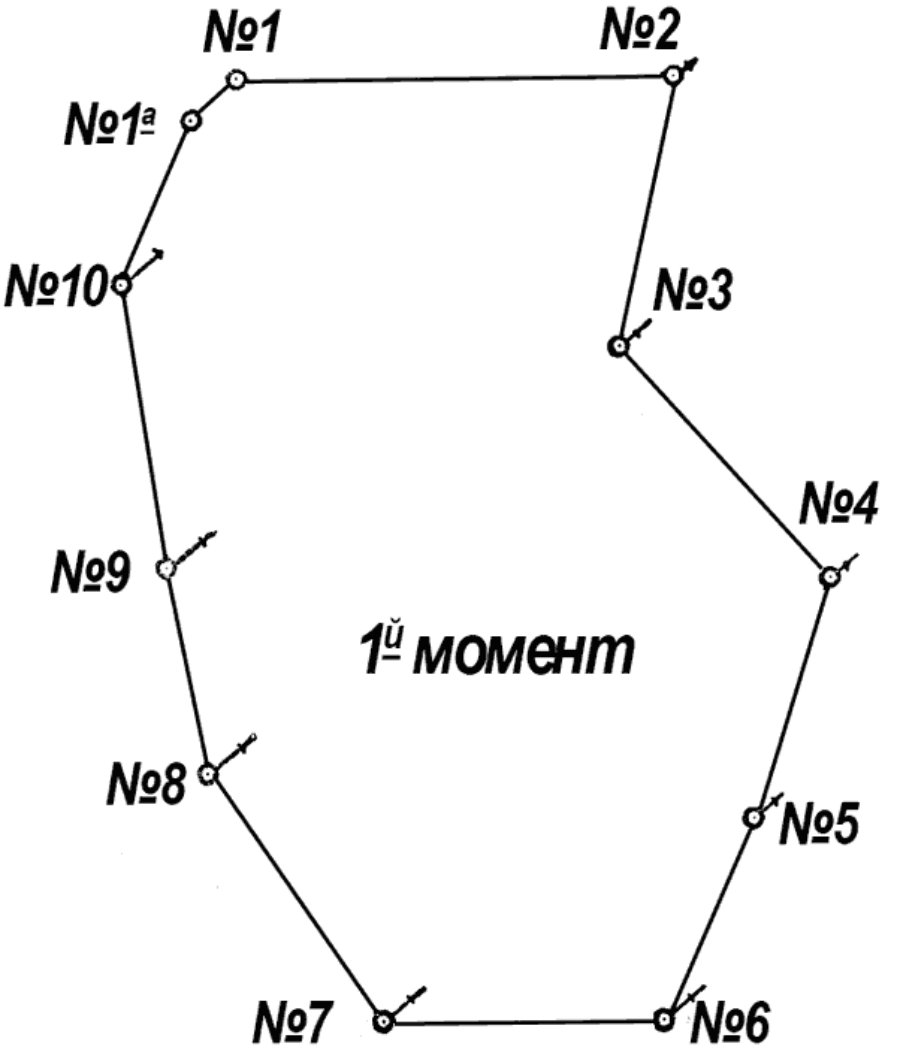
на нем точка № 1 приходилась примерно над колышком. Как можно точнее установите планшет по компасу и провизируйте направление на угол № 2. Прочертите направление (впрочем, вам все это известно из глазомерной съемки). Рулеткой промерьте расстояние угол № 1 — угол № 2. Не поленитесь, промерьте расстояние дважды — вперед и назад. Отсчеты по рулетке берите с точностью до сантиметра, из двух промеров — среднее. Цифру запишите и по поперечному масштабу отложите расстояние на планшете.

Перенесите стол на угол № 2, повторите все вышеописанные действия и наметьте на планшете угол № 3. Так поочередно переходите с одного угла на другой, пока не дойдете до последнего угла, № 10. Тут я предвижу ваше замешательство: когда вы нацелитесь визирной линейкой на угол № 1, окажется, что он «не бьет». Все равно прочертите на планшете линию, хотя она идет и мимо точки № 1. Промерьте расстояние № 10 — № 1, отложите его на планшете, и вы получите какую-то другую точку —№ 1ª. Тут могут быть два случая.

Первый случай: расстояние № 1 —№ 1ª велико, оно больше 1/100» периметра, то-есть суммы всех сторон многоугольника. Ошибка получилась грубая. Значит, вы или недостаточно аккуратно вели наблюдения, или просто ошиблись в накладке измеренных линий, или ошиблись в отсчетах по рулетке, или у вас размагнитилась стрелка компаса. Отставим это последнее, так как, не проверив компаса, вы не должны были выходить на работу; отставим также небрежность в работе, так как аккуратность — первое качество топографа. Проверьте сперва накладку на планшет промеренных линий. Если не найдете тут ошибки, значит вы неверно измерили одну из линий. Где же находится ошибка? Ее надо обязательно отыскать, иначе весь ваш план окажется неверным.

Второй случай: расстояние № 1—№ 1ª меньше 1/100 периметра. Такая ошибка вполне естественна. Геометрия говорит: такой ошибки быть не может, многоугольник должен сомкнуться. Но так утверждает теория, а практика говорит: попробуйте добейтесь; практически обойтись без маленькой ошибки невозможно. Тут повлияли и неточность промеров, и неточность накладки расстояний, и недостаточная чувствительность стрелки, и неаккуратность установки планшета.

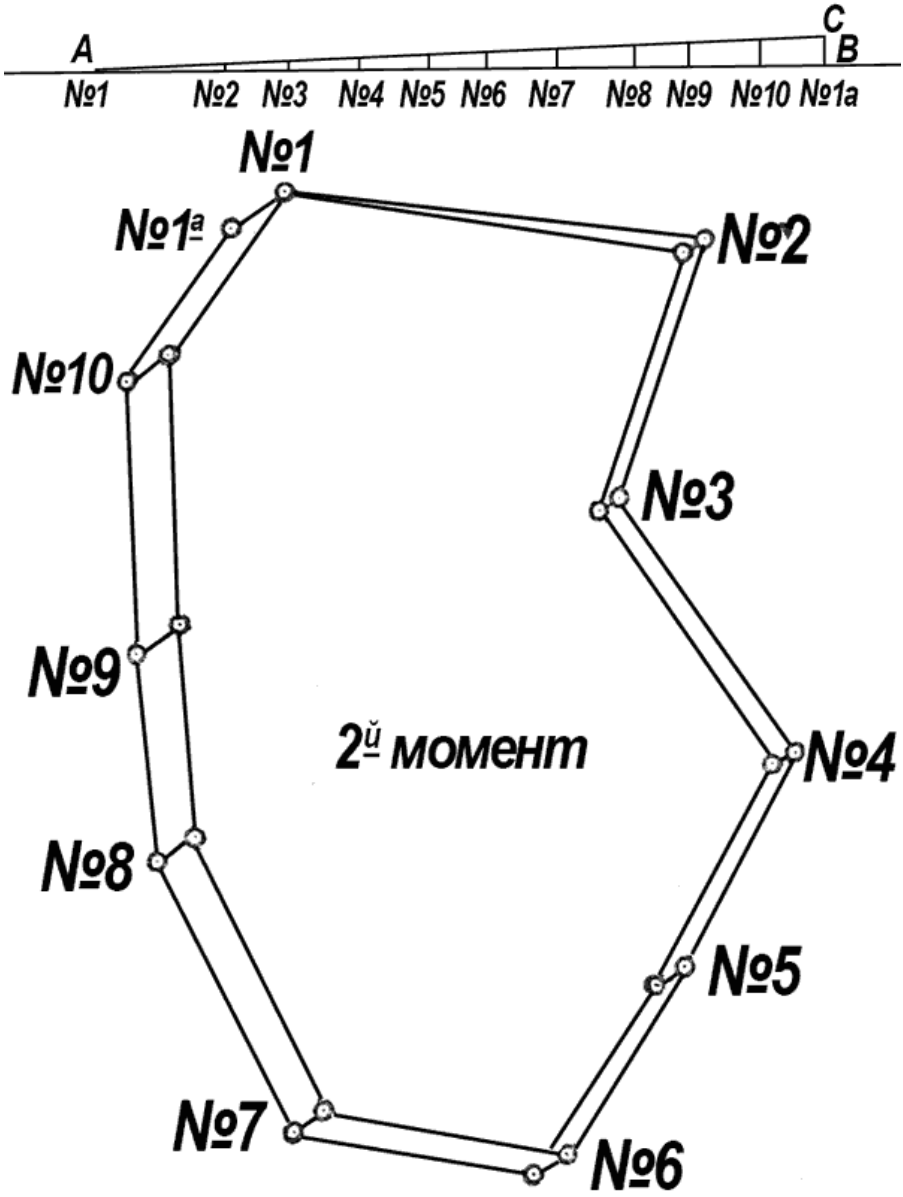
Такая незначительная ошибка при измерениях неизбежна и допустима; называется она **линейной невязкой**. Наша задача состоит в том, чтобы **разбросать** эту невязку по всем углам обоснования, или, как выражаются топографы, **увязать полигон** (то-есть полученный многоугольник).



Так увязывается полигон. {4}

Соедините точки № 1 и № 1ª. Отложите в стороне, на краю планшета, на одной прямой линии в уменьшенном масштабе все измеренные вами расстояния между углами поочередно от угла № 1 (***A***) до угла № 1ª (***B***); от точки ***B*** проведите маленький перпендикуляр ***BC***, равный невязке; соедините точки А и С, у вас получится прямоугольный треугольник; проведите перпендикуляры из всех промежуточных точек: № 2, № 3 и т. д. Все десять треугольников будут подобны. Теперь проведите из всех вершин вашего полигона линии, параллельные вашей

линейной невязке, но направленные в противоположные невязке стороны. На каждой из этих линий отложите соответствующие номерам углов отрезки — маленькие катеты треугольников — и соедините концы этих отрезков прямыми линиями, а прежние линии, начерченные в поле, сотрите. Так у вас получится новый, **увязанный** полигон. Обоснование готово.

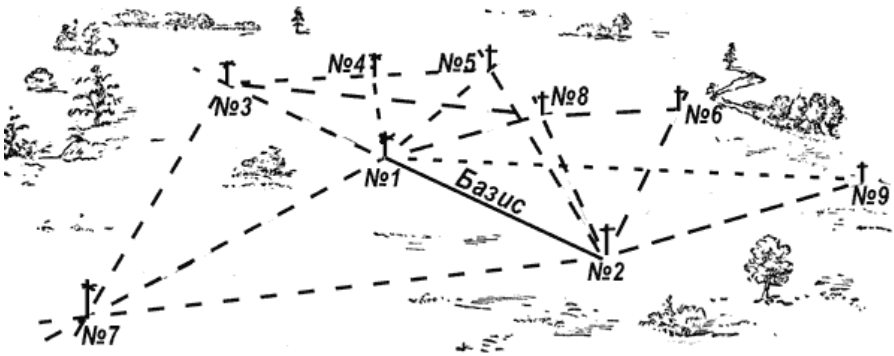


Обоснование на открытой местности

Если у вас участок лагеря **открытый**, все хорошо видно,

деревьев мало, здания стоят в стороне, предлагаю обоснование построить способом разбивки геометрической сети. На самом деле, измерять линии рулеткой, особенно 10-метровой, очень скучно. При геометрической сети рулеткой измеряется только одна линия — базис, а остальные пункты наносятся уже известным вам способом засечек.

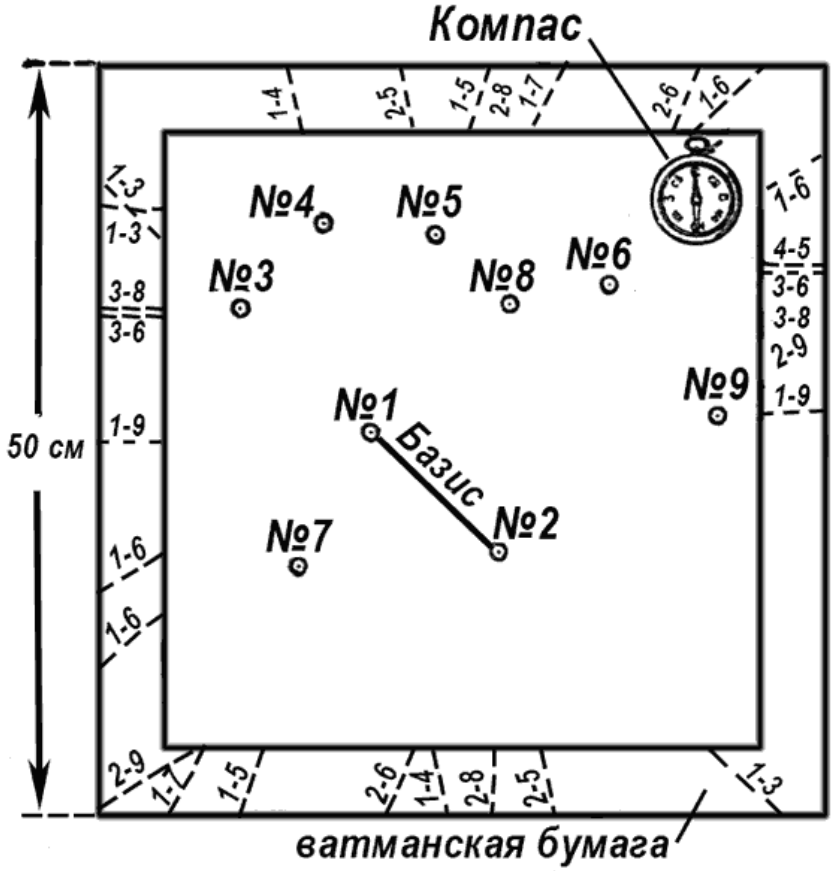
Расставьте по всем пунктам вешки; для лучшей видимости заготовьте их длиннее — больше 3 метров, — а на концах навяжите тряпочки или пучки травы. Выберите базис № 1 — № 2 посреди вашего участка, дважды промерьте его и нанесите на планшет, ориентированный по компасу. Теперь возьмите лист прозрачной бумаги — восковки — размером 50 X 50 сантиметров и приклейте его за уголки к планшету.



Компас вам больше не нужен. В дальнейшем всю ориентировку ведите по соседним, уже нанесенным на планшет пунктам. Для этого положите линейку на планшет по линии между кружками обоих пунктов и поверните его так, чтобы линия визирования попала на соседнюю веху. Вот и вся ориентировка. С обоих концов базиса начинайте визировать на вешки, только не слишком увлекайтесь и на самые дальние не цельтесь, так как углы пересечения лучей у этих точек окажутся меньше 30°. Линии визирования проводите на восковке, а на ватмане — только за рамкой планшета. На полях отметьте при этом, с каких на какие точки вы визировали. Переходите на пункт № 7 и проверьте, «бьют» или «не бьют» из него вешки № 1 и № 2. Если наблюдения проведены точно, они должны «бить», если «не бьют» — значит, вы где-то допустили ошибку. Затем **отнаблюдайте** (это термин топографический) с пункта № 3 вешки № 4 и № 8 и переходите на пункт № 4, где проделайте то же самое. На пункты № 8 и № 5 можно не становиться, так как в каждом из них перекрещиваются по три визирных луча, образующих маленькие треугольники погрешности.

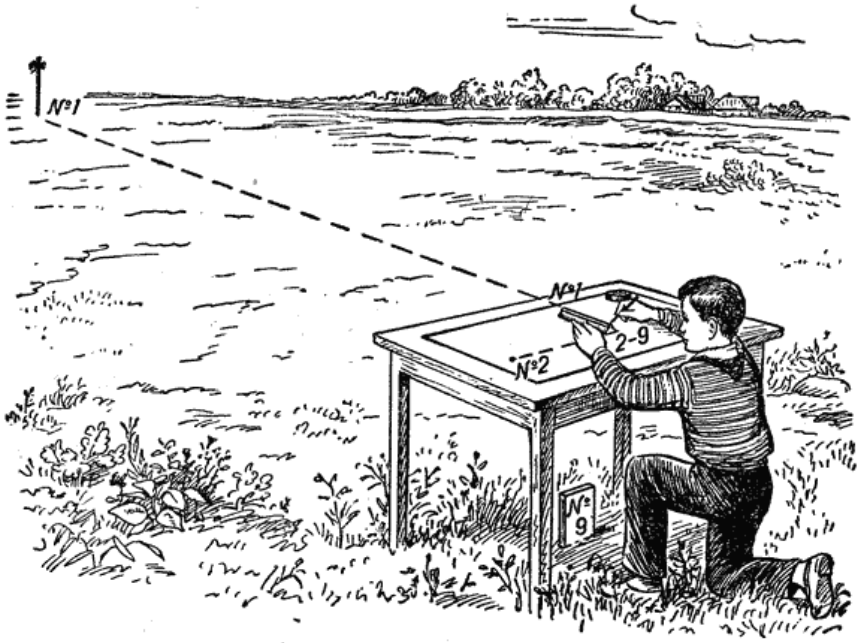
Таким образом, при разбивке опорной геометрической сети

становитесь обязательно только на тот пункт, местоположение которого установлено лишь с двух соседних.



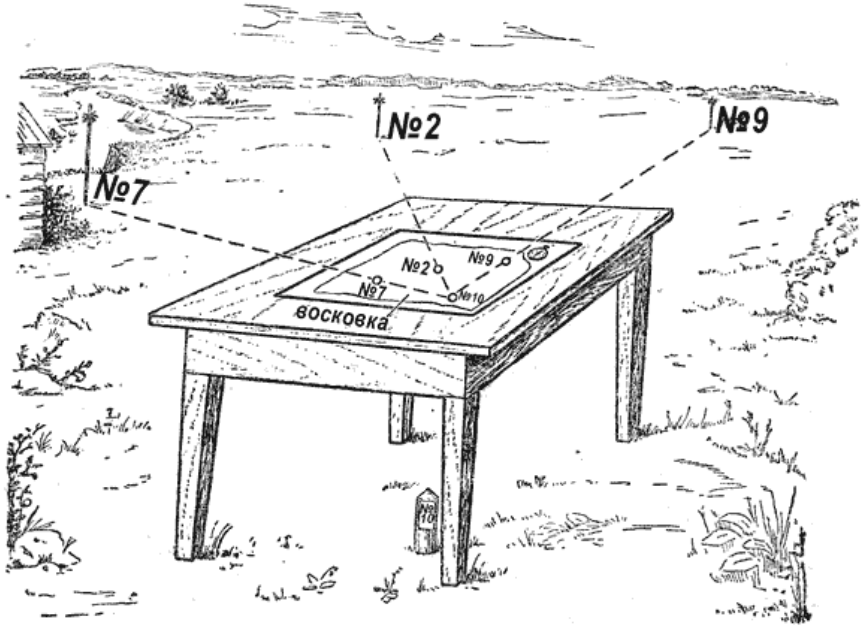
На планшет нанесены все пункты засечек (восковка снята).

Всё это примеры прямых засечек, но может быть и такой случай: пункт № 9 вы забыли засечь с пункта № 1 и засекли только с № 2. Не смущайтесь этим и идите на еще не нанесенный пункт № 9; став на него, ориентируйте планшет по вехе № 2 и провизируйте на веху № 1; приставив кромку линейки к кружку № 1, прочертите линию. На пересечении ее с засечкой от № 2 и получится пункт № 9. Это пример так называемой **обратной** засечки. Наконец все девять пунктов получились на восковке. Переколите их на самый планшет и осторожно отдерите восковку.



Нанесение точки № 9 на планшет способом обратной засечки.

Но тут может выясниться, что вы забыли о вехе № 10. Опять-таки не смущайтесь этим и идите на эту забытую веху, с которой хорошо видны вехи № 2, № 9 и № 7. Сейчас мы с вами решим так называемую **задачу Потенота**[17], принцип которой заключается в следующем: стоя на неизвестной точке и глядя на три известные, требуется определить положение этой неизвестной. Решим эту задачу по самому простому способу, предложенному русским военным топографом XIX столетия А. П. Болотовым (1803-1853).



Решение задачи Потенота способом Болотова.

Решение задачи Потенота способом Болотова.

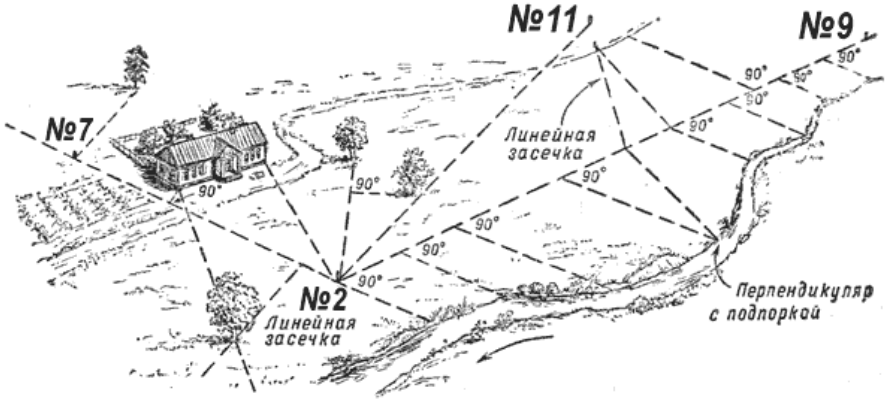
Возьмите другой чистый листок восковки, положите его на планшет и из какой-либо произвольной точки прочертите на восковке три луча — направления на вехи № 2, № 9 и № 7. Теперь начинайте водить вашу восковку по планшету до тех пор, пока все три точки — № 2, № 9 и № 7, нанесенные на планшет, — не попадут на лучи, начерченные на восковке. Наколите точку пересечения лучей на планшет, это и будет неизвестный пункт № 10. Задача Потенота решена.

Съемка ситуации

Приступим к съемке ситуации. Станьте на пункт № 2. При готовом, заранее начерченном обосновании ориентировка планшета также ведется не по магнитной стрелке, а по соседнему пункту, например № 7.

На рисунке, помещенном на стр. 96, хорошо виден весь процесс съемки участка. Процесс этот творческий; вы все время должны думать и изобретать, как лучше заснять территорию. Успех будет зависеть от вашей расторопности и смекалки, от

умения применять тот способ съемки, который легче всего в данной местности выполнить, чтобы получить лучшие результаты. Но природа так разнообразна, что я не смогу заранее подсказать вам, где каким способом вести съемку. Очевидно, вы будете комбинировать все три способа съемки — способ ординат, способ засечек и полярный способ.



Съемка ситуации способом ординат, полярным способом и линейными засечками. (Рис. со стр. 96 — V_E.)

Способом ординат вы заснимете изгибы ручья, восстанавливая перпендикуляры к линиям обоснования: более короткие — на глаз или египетским треугольником, более длинные — с помощью эккера. Если у вас нет эккера, примените перпендикуляр с «подпоркой», то-есть с контрольной гипотенузой.

Если здания находятся недалеко от ваших ходов обоснования, их также можно нанести (привязать) способом ординат.

Способ засечек для съемки ситуации применяется реже. Вы им заснимете только недоступный противоположный берег реки. Но засечки, когда измеряются все три стороны треугольника — **линейные засечки** (так вы снимали столбы возле школы), — применяйте чаще.

Рекомендую вам способ полярный, при котором вы направляете визирную линейку во все стороны и на планшете проводите как бы лучи, расходящиеся из одной точки. Каждый такой луч называется «полярка». Советую для скорости расстояния по этим лучам мерить ковыльком. Если участников съемки много, изготовьте несколько ковыльков. При съемке зданий (если вы уверены, что они прямоугольные) привязывайте

два угла и обмеряйте само здание. Если лучи полярок проходят невдалеке от каких-либо предметов, можно восстанавливать перпендикуляры-ординаты и строить линейные засечки от этих лучей.

Полярный способ может быть применен для **сгущения** обоснования. Если какой-либо участок плохо виден, вы можете полярным способом **выкинуть** с пункта обоснования **переходную** точку (№ 11), расстояние № 2 — № 11 измерьте дважды рулеткой. С переходной точки выкидывать вторую переходную нельзя.

Все время сравнивайте планшет с местностью и беспощадно стирайте резинкой все неверное. Второстепенные и незначительные предметы зарисовывайте на глаз. Дорога поворачивает плавно, а у вас она отмечена только двумя точками; зарисуйте дорогу не ломаной линией, а плавной кривой. Вот ряд деревьев. Заснимите только два крайних, а остальные зарисуйте просто на глаз.

Отдельные угодья, то-есть луг, пашню, болота, пока не разрисовывайте согласно условным знакам, а только надпишите: «Луг», «Лес» и пр. Окончательную отделку планшета удобнее произвести уже дома.

Наконец план у вас готов. Вы стояли на всех пунктах, всё проверили, всё нанесли, всё зарисовали. Теперь идите домой.

Работа дома

Я приведу вам один параграф из инструкции «Генерального межевания Российской империи» 1766 года, которое было проведено для съемки отдельных частных землевладений и для точного установления их границ.

Топографам предписывалось, чтобы они свою работу «...исправляли со всеконечным прилежанием, верностию и терпением и не скучая тем, что всякое случающееся в снятии и малейшее сомнение неоднократно поверять должно».

Эта инструкция годна и на сегодняшний день. Она в равной степени хороша и для ваших полевых работ и для **камеральных**, то-есть производимых дома.

Исправляйте ваши ошибки «со всеконечным прилежанием, верностию и терпением», и я убежден, что в конце концов вы перешагнете через неудачи и великолепно станете снимать планы самодельными инструментами. Была бы только охота и любовь к работе.

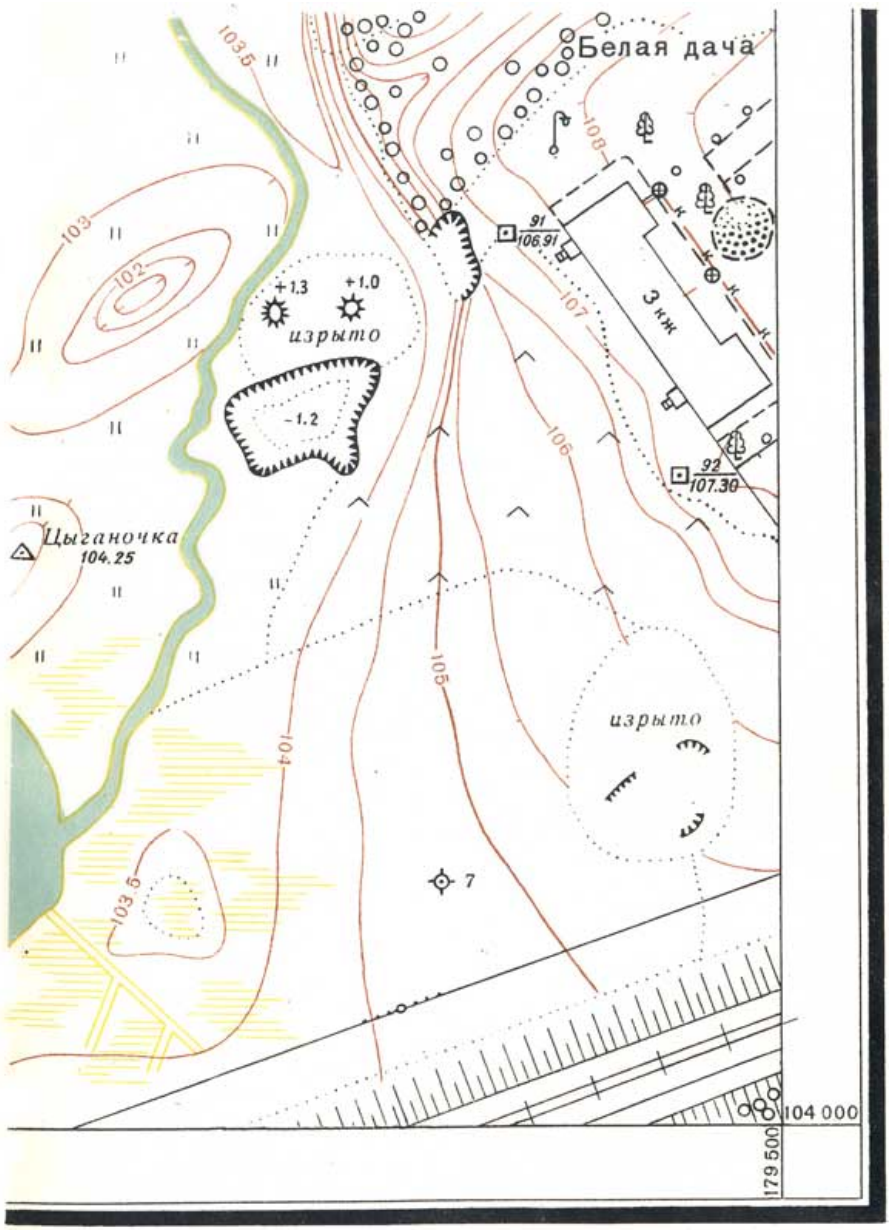
Итак, приступайте к вычерчиванию плана. Осторожно отклейте бумагу от планшета и сотрите все ненужные

вспомогательные линии — линии ходов, засечек, ординат, полярок. На плане полагается изображать ситуацию — леса, озера, огороды, дороги, дома и т. д. — для каждого предмета особыми **условными знаками**. Всего условных знаков существует несколько тысяч, причем для разных масштабов они различны. Все учреждения Советского Союза обязаны составлять планы по единым условным знакам.

Очертания некоторых угодий и предметов, например лесов, болот, лугов, озер, рек, зданий, могут быть нанесены на план крупного масштаба такими, какие они есть на самом деле. Такие условные знаки называются контурными. Отдельные деревья, столбы, колодцы и пр. не могут быть вычерчены в масштабе, так как они зачастую получились бы меньше булавочной головки. Условные знаки такого рода вычерчиваются нарочно крупнее, и называются они **внемасштабными**.

Красота условных знаков заключается в их простоте, а изящество — в аккуратности вычерчивания. Большинство знаков изображается черной краской. Все то, что имеет отношение к воде — ручьи, болота, канавы, — изображается зеленой краской (синей нельзя, потому что синий цвет не выходит при фотографировании плана). Большие водные пространства — широкие реки, озера, пруды — покрываются слабой голубой краской с зелеными контурами.

Все, что имеет отношение к горам, низинам, оврагам, ямам и прочим неровностям местности, изображается коричневой краской.



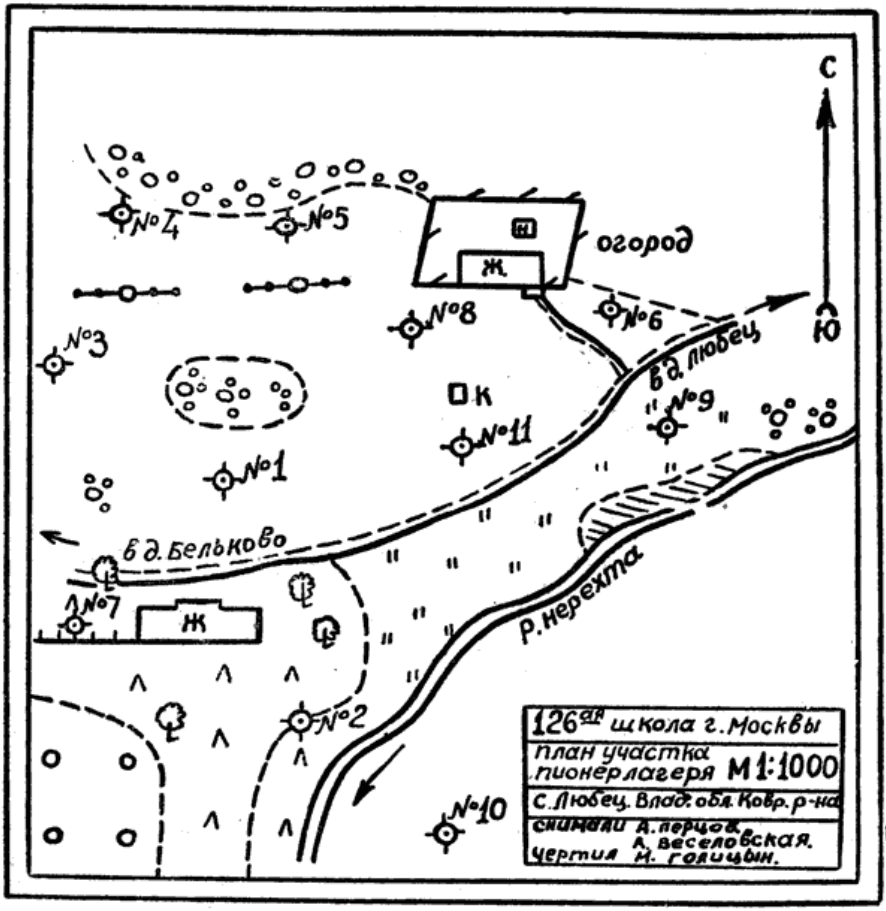
Образец плана масштаба 1:1000

Границы угодий — лесов, лугов, болот и т. д. — показываются тонким пунктиром; лес рисуется в виде черных кружков — больших и поменьше, к опушке насаженных гуще, к середине — реже; кустарники рисуются группами кружков —

один побольше и по сторонам три поменьше.

Многие условные знаки изображаются очень похожими на самый предмет: например, отдельное дерево, водоразборная колонка, уличный фонарь (см. условные знаки в конце книги).

Вычертите тушью ваш план; проведите рейсфедером сбоку стрелку магнитного меридиана; напишите название ручья, куда и откуда идет дорога; в правом углу внизу плана, в специальном прямоугольнике (штампе), напишите, что за участок, где находится, когда снимался, какой масштаб; подпишитесь, кто снимал и кто чертил.



План участка пионерского лагеря

Если вы хорошо чертите и аккуратно пишете, план у вас должен выйти очень красивым.

О площадях

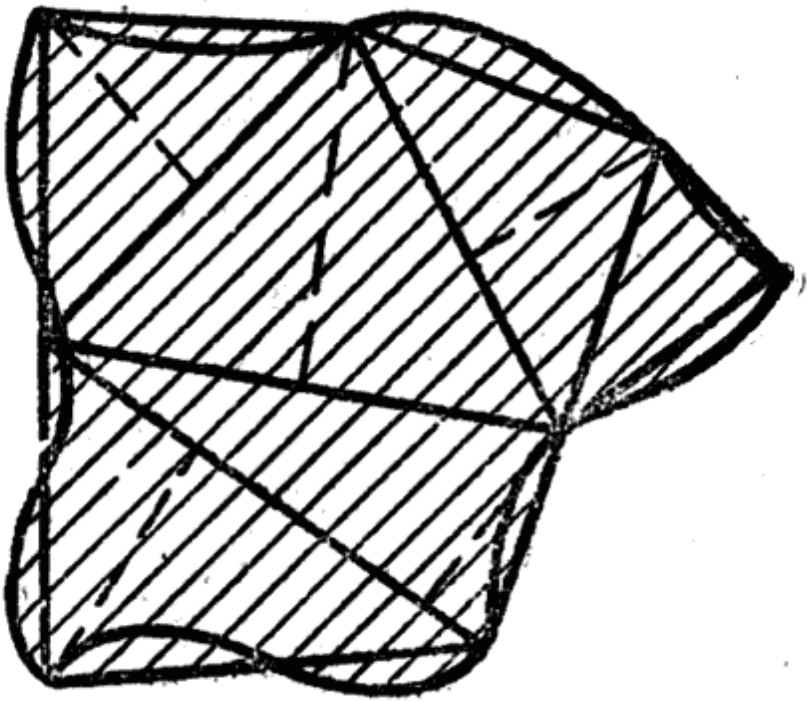
До второй половины XVII века земельные площади в России исчислялись очень интересно: поля — четвертями («четями»), смотря по тому, на какой площади высевалась четверть ржи (примерно 150 килограммов). Площадь луга исчислялась копнами, смотря по тому, с какой площади луга можно было скосить сена на одну копну. А лес никак не исчислялся: его было так много, что он никого не интересовал.

Впоследствии стали измерять площади **десятинами** (десятина равна 2400 квадратным саженям[18]. Мерилась тогда площадь очень приближенно. Например: площадь треугольника, или «клина», как его называли, высчитывалась как половина произведения самой меньшей стороны на большую, а площадь параллелограмма — как произведение одной стороны на другую.

Только с конца XVII века площади земель стали исчислять по всем правилам геометрии. Десятина дожила до введения метрической системы мер, когда ее сменил **гектар**, равный 10 000 квадратных метров, или 0,915 десятины.

Сколько же гектаров в вашем участке пионерского лагеря? Предлагаю на выбор два способа вычисления площадей.

Способ треугольников. Переведите на восковку контуры участка. Скрадывая мелкие изгибы и упрощая контуры, разбейте весь ваш план на ряд треугольников. Из геометрии вы знаете, что площадь треугольника равна половине произведения основания на высоту. Измерьте по масштабу длину оснований и высот, помножьте их друг на друга и разделите на два. Сумма площадей всех треугольников и равна площади лагеря.



Вычисление площадей способом треугольников. Контуры участка заштрихованы.

Способ квадратов. Также переведите на восковку контуры плана, наложите их на миллиметровку[19]. Масштаб вашего плана 1 : 1000. Следовательно, в каждом квадратном сантиметре плана будет 100 квадратных метров[20]. Сосчитайте количество квадратных сантиметров, заключенных внутри вашего плана, и переведите их потом в гектары.

Обычно топографы, когда не требуется особенной точности, вычисляют площади одним из этих способов.

Опять вырезанные фигурки

Вы снимали план участка пионерского лагеря не для собственного удовольствия. Когда в начале лета вы приехали в деревню, то увидели, что ваш пионерский лагерь состоит из нескольких домов, расположенных на пустыре около реки. Надо сделать его лучше, красивее: разбить спортивные площадки, цветники с клумбами, посадить деревья и кусты, наметить место

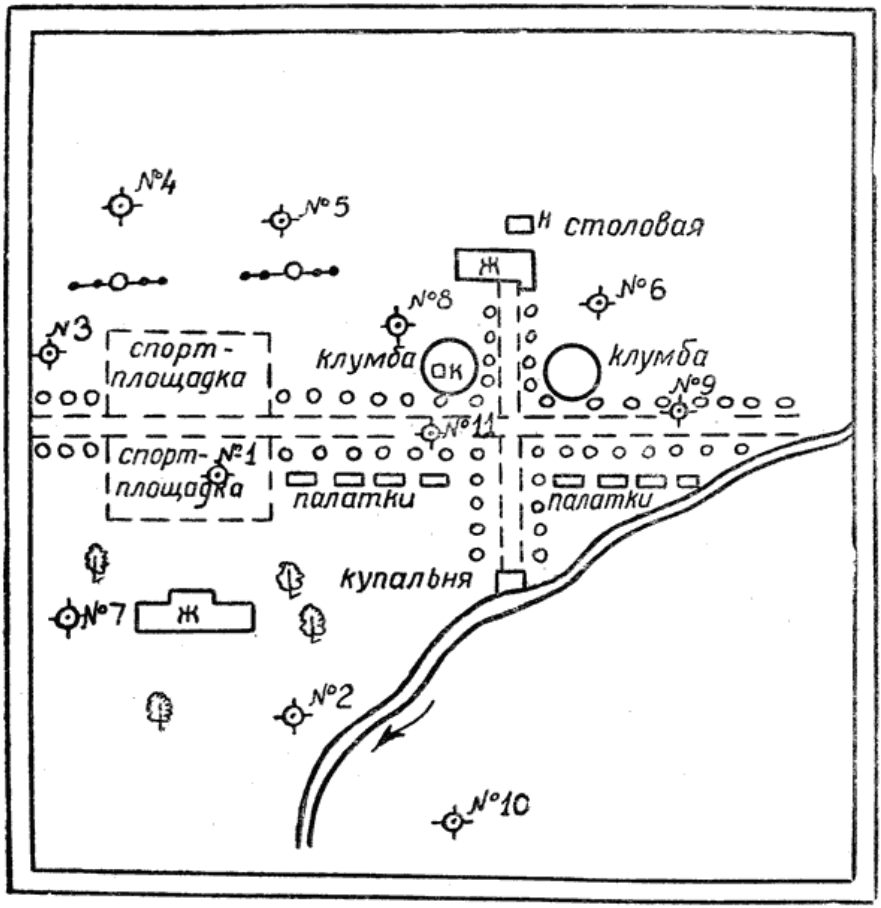
для купальни. Между домами, спортивными площадками и к купальне надо провести ровные дорожки, посыпанные песком.

Помните, как вы расстанавливали мебель, когда получили новую квартиру? А ведь тут не три комнаты с ванной и кухней, а целый участок. Разместить как следует все площадки и клумбы, провести как можно ровнее дорожки нельзя, не продумав все до мелочей.

И думать и примерять надо сидя в комнате. Чтобы не пачкать вычерченный вами план участка пионерского лагеря, разложите на столе не самый план, а снятую с него на восковку копию и проводите новые карандашные линии на этой копии.

При получении квартиры вы вырезали фигурки и прямоугольники — кровати, столы и шкафы; сейчас в масштабе плана вырежьте прямоугольники спортивных площадок, кружки клумб. Передвигая их по плану, добейтесь того, чтобы они оказались по отношению к домам и реке на самых удобных местах. Тогда обведите их карандашом, прочертите линии дорожек, существующую извилистую дорогу уничтожьте, разрисуйте цветочные клумбы, наметьте каждое будущее дерево. Смотрите, как красиво все это получилось на бумаге.

Ваша работа называется на архитектурном языке составлением **проекта реконструкции** пионерского лагеря.



Проект реконструкции пионерского лагеря.

Когда советские войска освобождали города от немецких захватчиков, нам нередко доставались развалины зданий и заводов. Вслед за армией шли топографы со своими инструментами и снимали планы разрушенных городов, тщательно отмечая, где что уцелело, где что разрушено.

Архитекторы на основании этих планов составляли проект реконструкции данного города; они вырезали фигурки — проектируемые здания — и двигали их по плану, а затем проводили на бумаге красной тушью будущие улицы и площади, разрисовывали парки, цветники и аллеи.

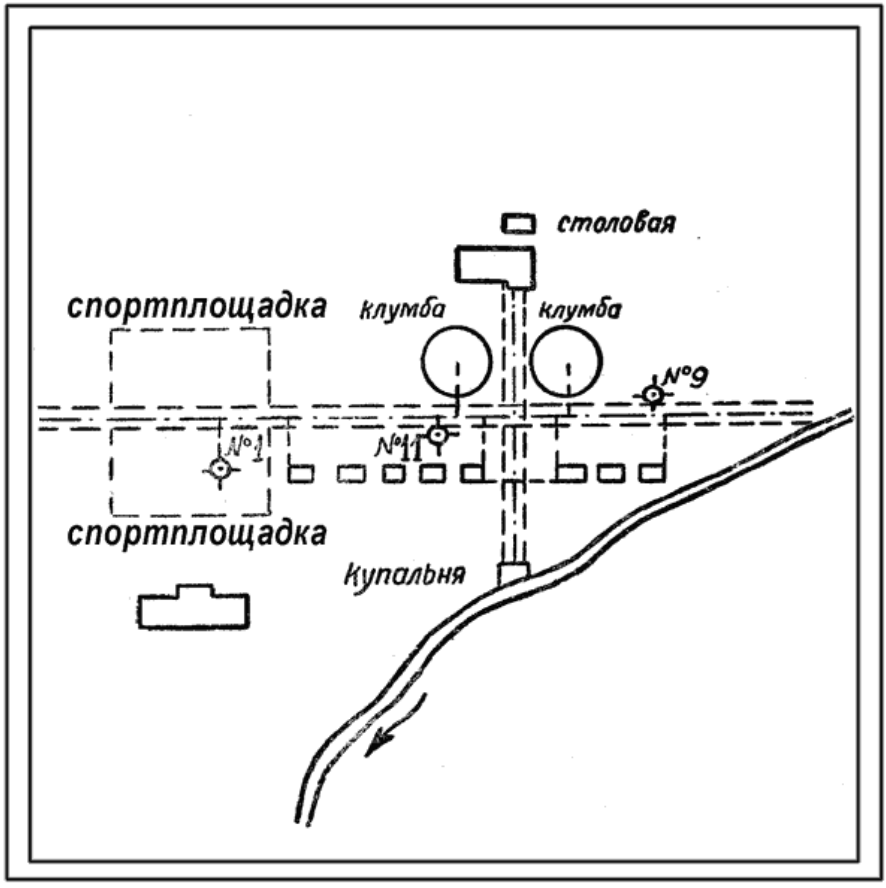
Точно так же с помощью вырезанных фигурок-зданий составляется проект планировки нового завода и нового города.

Перенос проекта в натуру

На вашем плане все получилось очень красиво, особенно аллеи и клумбы.

Теперь на основании этого чертежа перенесите **проект в натуру**, чтобы можно было начать уже самые работы по благоустройству пионерского лагеря.

Для этого сперва составьте также на копии (на восковке) **проект разбивки**. Все спортивные площадки разбиваются колышками, установленными по углам. Дорожки разбиваются так: сперва кольями через 10-20 метров намечаются только оси их, а потом в обе стороны от осей ведется разбивка уже самой полосы дороги (дорожного полотна). Для разбивки клумб устанавливают центральный кол и от него с помощью рулетки или шнурка, как циркулем, проводят круг-борозду. Закругления на дорожках проводят таким же образом, как бы дугой большого круга.



Проект разбивки пионерского лагеря (цифры на плане не нанесены). (Рис. со стр. 102 — V_E)

Нельзя начинать разбивку с края участка и потом ставить колья все дальше и дальше до противоположного конца. Так ваша разбивка неизбежно поедет вкривь и вкось.

В проекте сперва выберите самое основное — линии, идущие через весь участок. В данном случае таким основным у вас будут две оси дорожек: одна — от столовой к купальне, другая — перпендикулярная к ней.

Так как вы умеете измерять и строить углы только в 90° и в 45°, то на плане составьте проект разбивки, привязав его к ближайшим пунктам обоснования с помощью коротких перпендикуляров от ваших ходов. Графически на плане измерьте все размеры и выпишите их у каждой линии. На рисунке, помещенном на стр. 102, это все очень хорошо видно.

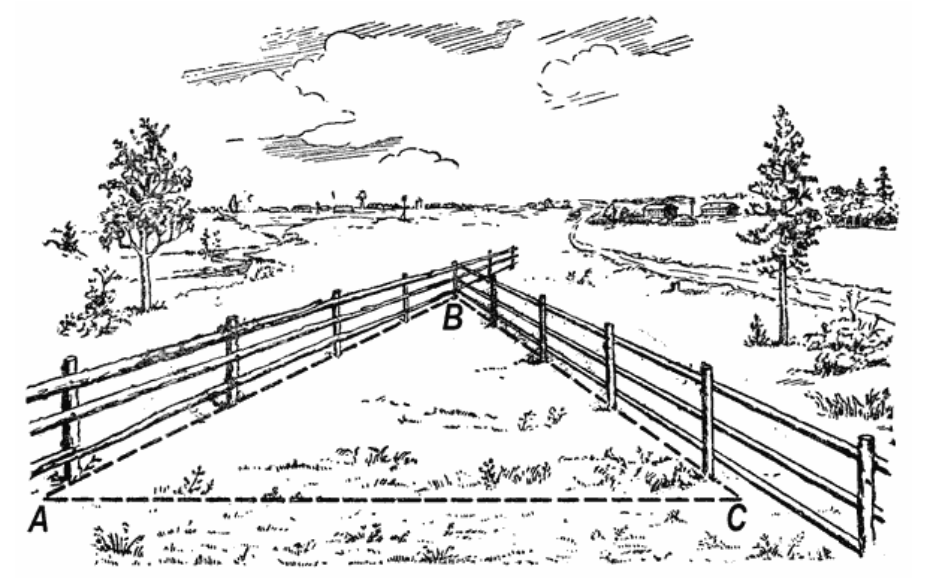
Отмерьте на местности будущую ось дорожки от столовой к купальне, в нужных точках поставьте колышки. Найдя точку пересечения дорожек, эккером восстановите перпендикуляр. По проекту разбивки он у вас проходит в 6 метрах от пункта № 1. А на местности у вас получилось 4,5 метра. Не смущайтесь этим и не поворачивайте вашу дорожку, пусть лучше на перекрестке останутся углы по 90°; 1,5 метра — не ошибка: это сказалось влияние вашей невязки обоснования, к которой прибавились неточность от графического определения на плане оси дорожки и неточность от восстановления эккером перпендикуляров.

От этих двух осей дорожек разбивайте ваши спортивные площадки, клумбы и все прочее.

Самодельная астролябия

Вы умеете измерять на местности углы только в 90° и в 45°.

Два забора, изображенные на рисунке на стр. 104, соединяются наискось. Чему же равен угол ***ABC***? Измерьте вдоль каждого забора произвольные расстояния ***AB*** и ***BC*** и затем узнайте, чему равно расстояние ***AC***. Полученный треугольник постройте на бумаге и с помощью транспортира определите, чему равен угол ***ABC***.



Чему равен угол ABC?

Способ этот и громоздкий и неточный, а при углах больше 120° вообще не годится.

Придется вам, видно, самим смастерить прибор, которым можно измерять любые углы с точностью примерно до ¼°.

Из геометрии вы знаете, что углы измеряются соответствующими им дугами. Дуги делятся на градусы (°), минуты (') и секунды ("). В полном круге 360 градусов, в градусе 60 минут, в минуте 60 секунд.

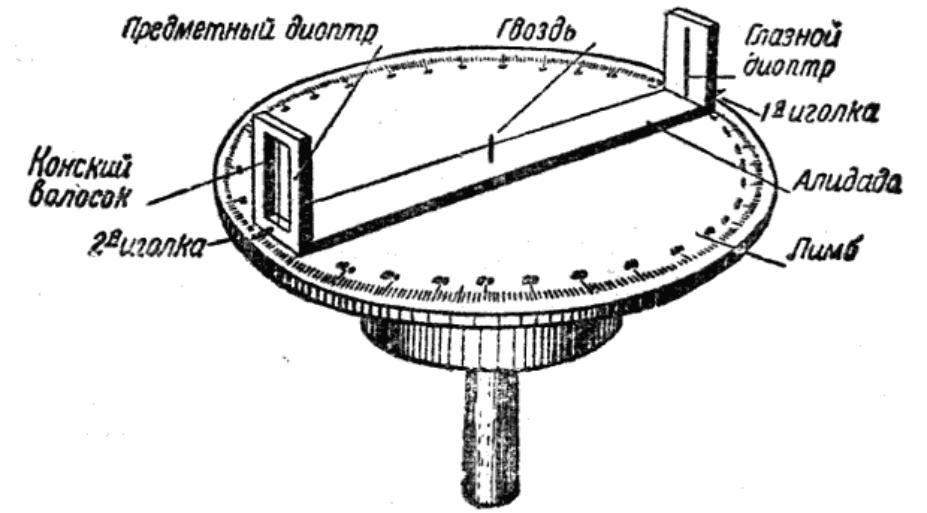
На расстоянии 75 метров от вас находится монета в 20 копеек. Представьте себе угол от вашего глаза к краям этой монеты.

Какой он острый! Этот угол равняется 1' (минуте). А угол в 1" (секунду) еще в шестьдесят раз острее.

Ваш самодельный инструмент назовите **астролябией**. Так называлась «бабушка» всех современных угломеров. Она была несколько схожа с тем инструментом, который я вам предлагаю соорудить. Все части вашей самодельной астролябии я буду называть так, как они называются у любых настоящих угломерных инструментов.

Выпилите или вырежьте из фанеры круг диаметром 23 сантиметра. Вырежьте из ватмана такой же круг и наклейте его на фанеру. Затем радиусом 11 сантиметров проведите циркулем на ватмане окружность и разделите ее аккуратнейшим образом тем

же раствором циркуля на шесть частей, получив при этом дуги по 60°. Дальше делите на дуги в 15°, в 5° и т. д. до 1°, даже до 30'. В свое время вы делили так дугу эклиметра. Сейчас придется делить еще точнее, чтобы все расстояния между наколами циркуля — градусами — были совершенно одинаковы. Проведите через наколы черточки тушью; надпишите каждый пятый градус, то-есть 0°, 5°, 10° и т. д. до 355° (следующая цифра будет 0°). Цифры ставьте **по ходу** часовой стрелки. Называется этот круг с градусными делениями **лимбом**.



Самодельная астролябия.

Вбейте в центр лимба двухдюймовый гвоздь так, чтобы он торчал сверху. Отпилите от бревна кружок диаметром 12-14 сантиметров, толщиной 5 сантиметров и прикрепите его наглухо (гвоздиками или столярным клеем) снизу лимба. Прожгите или пробуравьте в середине кружка отверстие, в которое вставьте конец крепкой палки длиной 120 сантиметров; другой конец палки заострите и обейте жестью; словом, сделайте так, как вы делали палку эккера.

Так изготовил астролябию я сам, когда мне понадобилось измерять углы, а настоящих угломерных инструментов под руками не оказалось. Может быть, вы придумаете конструкцию более совершенную. Я даю только принцип.

Попробуйте, например, закрепить лимб не на деревянном

кружке, а еще как-нибудь, лишь бы он не шатался. Насадите инструмент не на палку, а на три складывающиеся при переноске ноги. Попробуйте приспособить штатив от фотоаппарата, но так, чтобы самый инструмент можно было повернуть отдельно от треноги.

Если ваша астролябия стоит на треноге, необходим отвес, то-есть какой-либо груз на шнурке, почти касающийся земли. Шнурок подвешивается на специальном крючочке, прикрепленном внизу, под центром лимба. При измерении угла инструмент должен стоять так, чтобы отвес пришелся над самой точкой вершины угла. Так устанавливается не только ваша астролябия, но и все настоящие угломерные инструменты, имеющие треногу.

В эккере для визирования употреблялись булавки; в астролябии будет устроено иначе.

Возьмите хорошо обструганную тонкую дощечку 22 X 4 сантиметра, провертите в центре ее отверстие для надевания на гвоздь. Чтобы дощечка не шаталась и сидела на гвозде не слишком свободно, вставьте в отверстие металлическое колечко, через которое проденьте гвоздь. Так у вас получится **алидада**. Прикрепите к ее концам поставленные под углом 90° два прямоугольных куска картона или плотной бумаги размером 4 X 7 сантиметров, как указано на рисунке. Это будут **диоптры**. Какие всё незнакомые названия! Прорежьте в картоне в одном диоптре щель 0,5-1 миллиметр ширины, 5 сантиметров длины, в другом — щель такой же длины и 4-6 миллиметров ширины. К диоптру с узкой щелкой приставляется глаз; диоптр этот называется **глазным**. Диоптр с широкой щелкой наводят на рассматриваемый предмет, он называется **предметным**. В широкой щелке предметного диоптра не хватает самой тонкой и нежной части всего инструмента — конского волоска. Выдерните из гривы или хвоста лошади волосок и прикрепите его сургучом или воском посередине щели. Прикрепляя, следите, чтобы волосок был натянут и стоял вертикально. Затем возьмите две патефонные иголки и вбейте их тупым концом в середину обоих концов алидады. Конский волос, щель глазного диоптра, центр гвоздя и оба острия этих иголок должны быть на одной прямой. Инструмент у вас готов.

Вы скажете, что он вышел слишком хрупким и легко может сломаться. Вообще со всеми топографическими инструментами полагается обращаться осторожно. При переноске вашей самодельной астролябии обязательно снимайте алидаду с гвоздя и несите ее отдельно.

Теперь нужно инструмент поверить. Предполагается, что

градусные деления на лимбе вы начертили очень точно и гвоздь стоит в центре лимба. Приставьте тот конец иголки, который находится у глазного диоптра, к нолю на лимбе (это называется **совместить ноли**), тогда другой конец иголки должен прийтись на 180°. Если этого нет, отогните немного иголку. Проверьте вторично на других делениях лимба, например на 90° и 270°. Если иголка отскочит больше чем на четверть градуса, значит у вас плохо вычерчен лимб или гвоздь немного смещен; придется переделывать инструмент заново. Разница меньше четверти градуса, к сожалению, неизбежна.

Вообще и настоящие топографические инструменты, какими бы они с виду ни казались новенькими и точными, также всегда необходимо поверять, то-есть испытывать верность и правильность отдельных деталей и взаиморасположение этих деталей и основных осей. У иных инструментов этих поверок свыше десятка. Многие поверки приходится производить ежедневно и даже по нескольку раз в день.

Измерение углов

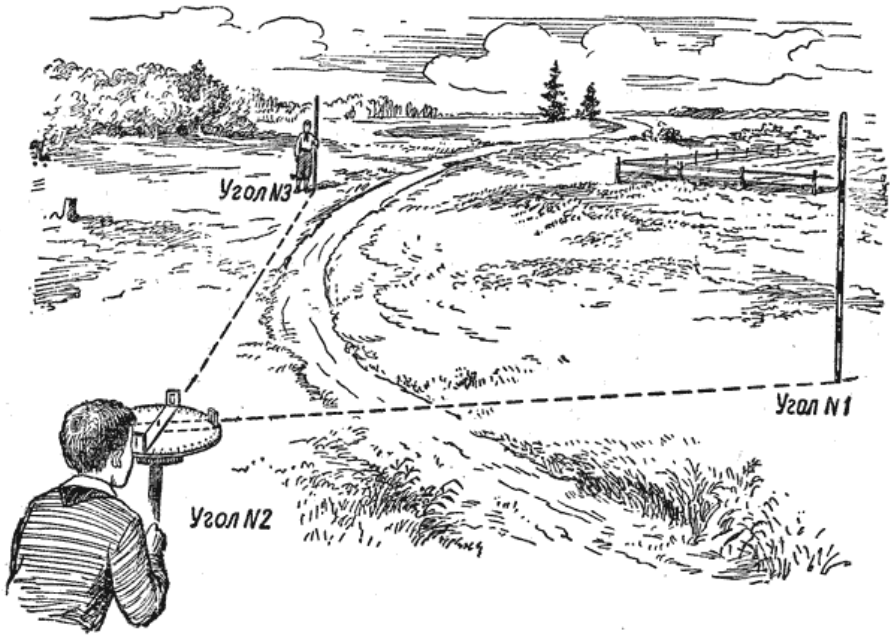
Когда вы строили обоснование съемки пионерского лагеря на планшете, вы углы не измеряли, они у вас получались на бумаге чисто графически. Вы строили обоснование съемки геометрическим, или **углоначертательным**, способом. Топографы при крупномасштабных съемках редко употребляют этот способ. Как правило, они, когда строят обоснование, углы измеряют с большей или меньшей точностью. Понятно, что план, у которого обоснование построено по углам измеренным, всегда будет составлен точнее.

Итак, приступаем к работе. Измерение углов полагается вести по ходу часовой стрелки, чтобы снимаемый участок находился от вас справа. Измеряются углы только правые — внутренние, хотя бы они были и больше 180°.

Поставьте вашу астролябию возможно крепче и ровнее на угол № 2.

Так как маленький колышек-точку вытащить невозможно, с помощью большого кола и топора проделайте в земле отверстие у самой точки и в это отверстие вставьте острие вашей астролябии, а потом, когда перейдете на следующий угол, в это же отверстие вставьте вешку.

Посмотрите через узкую щелку диоптра на волосок и наведите волосок на вешку угла № 1, которая находится от вас **вправо и сзади**. Теперь берите отсчет по лимбу по первой иголке, которая у глазного диоптра; получилось 282°35'.



Так измеряется астролябией угол. (Рис. со стр. 107 — V_E)

Затем смотрите по второй иголке только минуты; оказалось 45'. Данные отсчеты чисто случайны — так уж вы поставили инструмент, что пришлись именно эти цифры. На лимбе у вас самые мелкие деления — 0,5°, а более точно — 35' и 45' — вы оцениваете уже между градусными черточками по острию иголки, просто на глаз. Среднее получается 40'. С большой осторожностью, чтобы не сдвинулся инструмент, поверните алидаду с диоптрами и наведите волосок на вешку угла № 3, который от вас находится **впереди и слева**. Здесь отсчет будет по первой иголке 203°30', по второй 40', то-есть среднее 203°35'.

Посмотрите на рисунок на стр. 107. Пунктиром нанесено первое положение алидады на лимбе, сплошной линией— второе. Как видно, измеряется угол 1—2—3, а отсчеты берутся у глаза наблюдателя по соответствующему ему вертикальному углу. Ясно, что угол № 2 равняется взгляду на заднюю вешку — № 1 минус взгляд на переднюю — № 3. Угол № 2 = 282°40' минус 203°35' = 79°05'. Иначе говоря, формула будет такова: **взгляд назад минус взгляд вперед есть угол вправо по ходу лежащий**.

Если хотите быть топографами, вам придется эту формулу заучить наизусть.

Теперь возьмитесь за палку астролябии и осторожно поверните весь инструмент примерно на 90° (у топографов это называется смещением лимба). Снова повторите весь процесс измерения угла; иголки, естественно, будут указывать на другие деления лимба, а разница между обоими отсчетами почти не изменится. Предположим, на угол № 1 средний отсчет получился 39°15', на угол № 3 — 320°00'; так как взгляд назад получился меньше взгляда вперед, надо к заднему взгляду прибавить дугу полного круга, то-есть 360°. Получается (39° 15'+ 360°) — 320°00'= 79°15', а в первом измерении угла было 79°05'. Следовательно, окончательная средняя величина угла будет равна 79°10'[21]. Разница в 10' показывает, что мы угол измерили хорошо; если же разница будет больше 30', надо все измерения повторить заново.

Не огорчайтесь.

Вспомните еще раз инструкцию «Генерального межевания Российской империи» -— исправляйте ошибки «со всеконечным прилежанием, верностию и терпением...»

ЖУРНАЛ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Обоснование съемки участка пионерлагеря близ с. Любец, Ковровского р-на, Владим. обл.

№№ точек стояния	№№ точек наблюдения	Отсчеты по иголкам		Средний отсчет	Измеренные углы	Средние углы	Длина линий
		на 1-ой	на 2-ой				
2	1	282°35'	45'	282°40'	79°05'	79°10'	57.18
	3	203°30'	40'	203°35'			
2	1	39°05'	25'	39°15'	79°15'		
	3	319°55'	320°05'	320°00'			
3	2	328°00'	10'	328°05'	233°50'	233°54'	57.27
	4	94°20'	10'	94°15'			
3	2	49°05'	10'	49°08'	233°58'		
	4	175°05'	15'	175°10'			

20 июня 53 г. Измерения производил: А. Перцов

Таким же путем, так же аккуратно и внимательно измерьте все десять углов вашего хода. Последний раз станьте на угол № 1; там у вас задней будет вешка № 10, передней — № 2. Так у вас получился замкнутый ход, образующий неправильный десятиугольник — замкнутый полигон.

Все ваши записи ведите четко и аккуратно в специальном «Журнале для измерения углов». Весь ход записей в журнале достаточно понятен из помещенного здесь образца.

Прежде чем уходить домой, станьте с компасом на угол № 2 и измерьте угол между магнитной стрелкой и линией №1—№ 2, то-есть измерьте магнитный азимут этой линии. На этом же угле можно определить и истинный меридиан, тогда измерьте угол между истинным меридианом и линией № 1 — № 2, этим самым определите истинный азимут этой линии.

Угловая невязка

Придя домой, выпишите окончательные результаты по измеренным вами десяти углам и сложите их. Только не сбейтесь в счете минут. Помните, что в градусе 60 минут. Теоретическая сумма углов вашего многоугольника равняется 180° X (*N* — 2), где *N* есть число углов, то-есть 180° X (10 — 2) = 180° X 8 = 1440°00'.

А у вас получилось 1439°52'. Разница в 8' называется **угловой невязкой**.

Опять то же расхождение между теорией и практикой, между геометрией и геодезией.

Геометрия говорит: ровно 1440°00', а геодезия говорит: попробуйте измерьте, и никогда у вас не получится точь-в-точь — хоть на 30", а разница будет всегда.

Если разница вырастет до целого градуса или даже еще больше, это уже плохо; значит, при измерении углов допущена ошибка или несколько ошибок. Сперва проверьте еще раз всю вашу арифметику с подсчетами суммы углов и с вычитаниями из задних отсчетов передних. У топографов 75 процентов всех ошибок обнаруживается именно в этой арифметике. Если ошибки не найдете, идите в поле и перемерьте углы заново.

Маленькая угловая невязка в 8' допустима и неизбежна[22]. Отчего она происходит? Причин много:

1. Неточно вычерчены градусные деления на лимбе.
2. Не совсем верно отсчитывались на глаз минуты.
3. Инструмент шатался или стоял криво.
4. Алидада шаталась и слишком свободно ходила вокруг гвоздя.
5. Обе иголки находились не на одной прямой с гвоздем.
6. Гвоздь был вбит не в самый центр лимба.
7. Волосок был слишком толст и закрывал собой вешку целиком и потому наводился не на ее середину.

Все эти ошибки действуют и в ту и в другую сторону и, покрывая друг друга, составляют в конце концов неизбежную угловую невязку.

Эту невязку надо разбросать, то-есть прибавить по частям к

каждому углу, чтобы сумма всех углов получилась равной теоретической. Углов десять, а минут восемь, к восьми углам прибавьте по минуте. В помещенной на стр. 112 ведомости это уничтожение невязки очень хорошо видно. При сумме углов больше теоретической надо было бы части невязок из каждого угла вычитать.

Ведомость вычисления азимутов обоснования съемки участка пионерского лагеря «Звездочка», Дмитровского района, Московской области

№ пункта	Измеренные углы	Поправки	Исправленные углы	Азимуты	Длины сторон (среднее из двух измерений)
1	—	—	—	83°00′	90,78
2	79°10′	+ 1′	79°11′	183°49′	57,73
3	233°54′	+ 1′	233°55′	129°54′	63,90
4	118°38′	—	118°38′	191°16′	54,32
5	173°51′	+ 1′	173°52′	197°24′	45,86
6	113°25′	+ 1′	113°26′	263°58′	57,02
7	126°17′	+ 1′	126°18′	317°40′	54,95
8	156°48′	—	156°48′	340°52′	43,18
9	179°50′	+ 1′	179°51′	341°01′	57,52
10	145°29′	+ 1′	145°30′	15°31′	56,92
1	112°30′	+ 1′	112°31′	83°00′	
2	—	—	—		
Итого	1439°52′	8′	1440°00′	—	582,18

Примечание. Магнитный азимут 83°00′ был измерен непосредственно в поле с помощью компаса.

Ведомость вычислял *Саша Перцов*

Ведомость проверила *Анюта Веселовская*

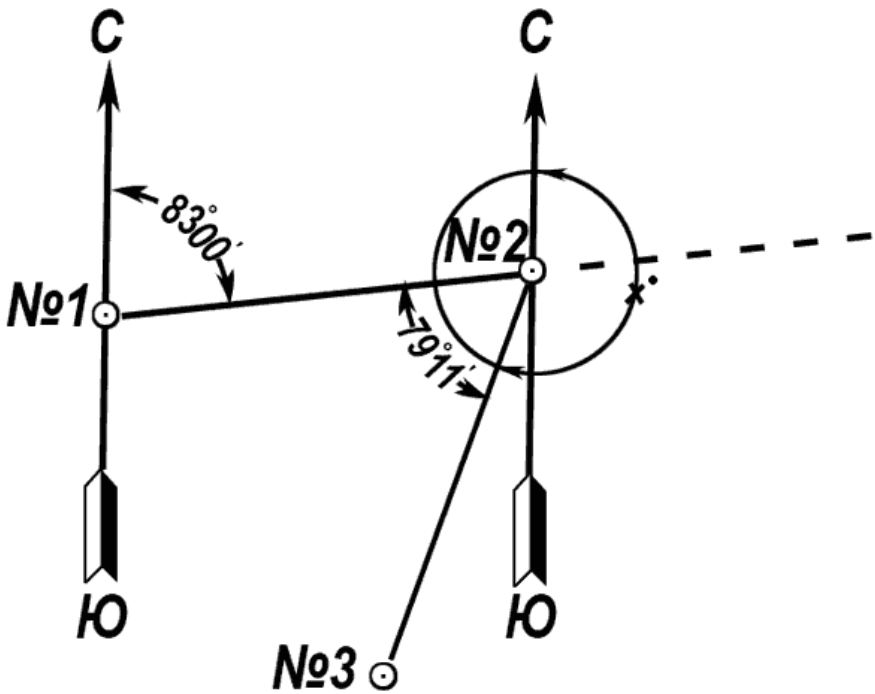
15 июня 1953 года

Ведомость со стр. 112 {5}

Снова азимуты

Возьмите чистый лист ватманской бумаги — ваш будущий план. Если начать накладку полигона обоснования с помощью транспортира просто по измеренным углам, то-есть сперва отложить угол, потом линию, потом второй угол, снова линию и т. д., тогда из-за неточности накладки ошибка будет с каждым углом все нарастать. Когда вы, замыкая полигон, вновь вернетесь к пункту № 1, линейная невязка неизбежно получится очень большая.

Так накладывать не годится. Предлагаю способ накладки **по азимутам**.



Чему равен азимут линии № 2—№ 3?

Азимут линии № 1 — № 2, или истинный, или магнитный, вам известен. Его определили в поле. Предположим, он равен 83°00'.

Чему же равен азимут следующей линии, № 2 — № 3?

Зная, что исправленный угол 1—2—3 равен 79°1′, посмотрите на рисунок и подумайте хорошенько. Нетрудно догадаться, что азимут линии № 2 — № 3 = 83°00' + 180°— 79°11' = 183°49'.

Общая формула вычисления азимутов такова: **азимут последующей линии равняется азимуту предыдущей линии плюс 180° минус угол вправо по ходу лежащий**.

В помещенной на стр. 112 ведомости хорошо виден весь ход вычисления азимутов. На нижней строчке вы опять вернулись к азимуту линии № 1 — № 2, равному 83°00' (это необходимо для контроля вычислений).

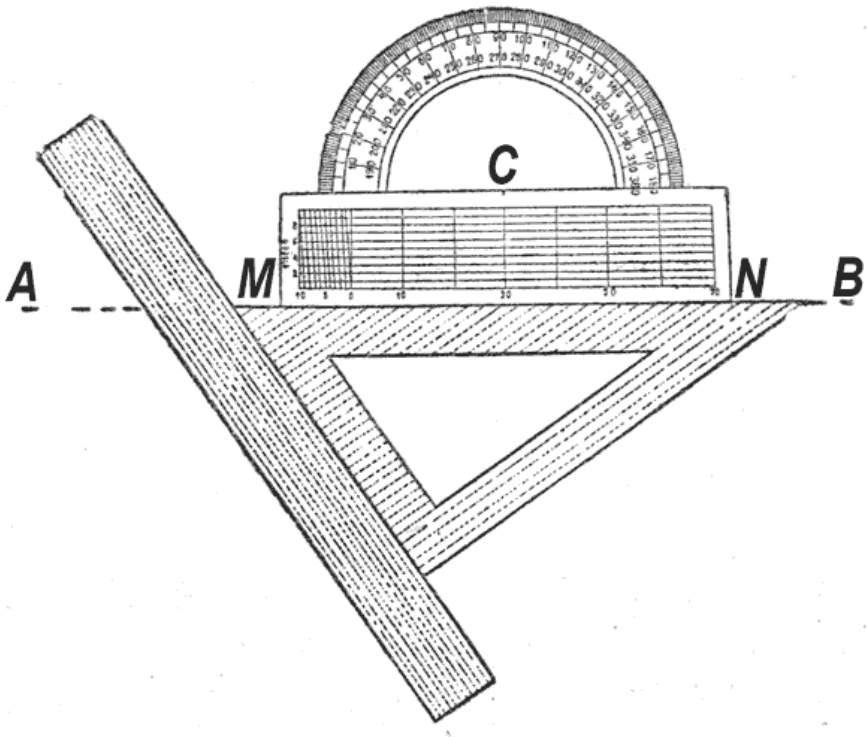
Прежде чем начинать накладывать пункты обоснования по азимутам линий полигона, нужно тщательно поверить транспортир.

Транспортир должен удовлетворять следующим условиям:

1. Наружное ребро ***MN*** должно быть прямой линией. Это поверяется так же, как у всякой линейки.

2. Наружное ребро ***MN*** (рисунок на стр. 113) должно быть параллельно диаметру 0° — 180° транспортира. Для поверки этого условия прочертите на бумаге линию ***AB***, к ней приложите треугольник, к катету которого приложите линейку, как указано на рисунке, и передвигайте треугольник вместе с транспортиром вдоль линейки до тех пор, пока линия 0° — 180° не совпадет с линией ***AB***.

3. Конец штриха С и штрих 90° должны лежать на перпендикуляре к линии 0°—180°. Тщательно постройте на бумаге с помощью циркуля две взаимно перпендикулярные линии и приложите к одной из них транспортир так, чтобы штрих 90° пришелся на другой линии, тогда конец штриха С должен попасть как раз на перекресток обеих линий.



Поверка транспортира (второе условие).

Если все эти три условия не будут соблюдены, транспортир не годится. Будем считать достаточным, если мы сможем откладывать углы с точностью до полуградуса.

Ведомость вычисления азимутов обоснования съемки участка пионерского лагеря «Звездочка», Дмитровского района, Московской области {6}

№ пункта	Измеренные углы	Поправки	Исправленные углы	Азимуты	Длины сторон (среднее из двух измерений)
1	—	—	—	83°00'	90,78
2	79°10'	+1'	79°11'	183°49'	57,73
3	233°54'	+1'	233°55'	129°54'	63,90
4	118°38'	—	118°38'	191°16"	54,32

5	173°5Г	+1'	173°52'	197°24'	45,86
6	113°25'	+1'	113°26'	263°58'	57,02
7	126° 17'	+1'	126° 18'	317°40'	54,95
8	156°48'	—	156°48'	340°52'	43,18
9	179°50'	+1'	179°51'	341°01'	57,52
10	145°29'	+ 1'	145°30'	15°31'[23]	56,92
1	112°30'	+1'	112°31'	15°31'	56,92
2	—	—	—	83°00'	
Итого	1439°52'	8'	1440°00'	—	582,18

Примечание: Магнитный азимут 83°00' был измерен непосредственно в поле с помощью компаса.

Ведомость вычислял Саша Перцов

Ведомость проверила Анюта Веселовская

15 июня 1953 года

Для работы с азимутами подписи делений на школьном транспортире не годятся. Советую вам наклеить на транспортир ленточку бумаги с новыми цифрами делений от 0° до 180° и от 180° до 360°, как показано здесь на рисунке.

Теперь начинайте накладку обоснования.

Проведите посередине листа бумаги вертикальную линию. Это будет меридиан (истинный или магнитный). В левом верхнем углу листа поставьте точку — пункт ***№ 1***. От этого меридиана с помощью транспортира под известным вам углом (азимутом 83°00') постройте линию; проведите от точки ***№ 1*** параллельно ей вторую линию. Отложите в заранее намеченном масштабе измеренную длину № 1 — № 2 и получите точку ***№ 2***. Таким же путем под азимутом 183°49' постройте от точки ***№ 2*** линию № 2 — № 3. Так поступайте, пока не придете в точку ***№ 10***. В точку ***№ 1*** вы опять-таки не попадете, а попадете в ***№ 1а***. Как уничтожить эту линейную невязку, вы уже знаете.

При накладке по азимутам все время от одного и того же меридиана нарастания ошибок не происходит, и линейная невязка обычно получается сравнительно небольшой — меньше 1/400 периметра.

Опять о ситуации

С помощью астролябии проводить разные разбивочные работы и переносить проект в натуру и удобнее и точнее.

С помощью астролябии легче заснять все подробности местности.

Съемку ситуации ведите отдельно от работ по обоснованию и, значит, на каждый пункт становитесь с астролябией по два раза. Снимать надо, также комбинируя все три способа съемки, реже употребляя способ засечек и способ ординат и в основном снимая способом полярным.

На каждом пункте (при съемке пункты называются **станциями**) прежде всего ориентируйте астролябию по любому соседнему пункту.

Это значит, что если вы стоите на пункте ***№ 2***, то углы будете считать от линии № 1 — № 2.

Чтобы ориентировать астролябию, вам надо соединить иголку у глазного диоптра с нолем лимба (совместить ноли) и затем, поворачивая весь инструмент (а не одну алидаду), навести диоптры на соседнюю веху ***№ 1***. Проверьте, крепко ли стоит астролябия.

Теперь можете начинать целиться на все точки, которые вас интересуют.

Расстояния от станции до отдельных точек для скорости измеряйте ковыльком.

В специальном журнале записывайте номера наблюдаемых точек, углы и расстояния до них. Наверху не забудьте записать номер станции, на которой вы стоите, и номер станции, на которую вы ориентируетесь. На полях ведите четкий и ясный абрис. На каждой странице журнала помещайте абрис и все цифры, относящиеся только к данной станции.

Дома по журналу с помощью транспортира наложите заснятые точки ситуации на план и разрисуйте его, руководствуясь абрисом и условными знаками.

Такая съемка полярным способом с помощью угломерного инструмента называется ***тахеометрической***, что значит «быстроизмеряющей».

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

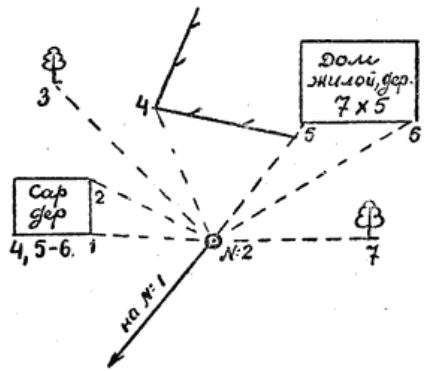
УЧАСТКА Пионерлагеря

близ села Любец, Ковровского р-на, Владимирской обл.

№ станции стояния № 2

№ станции ориентировки № 1

№№ точек	Углы	Расстояния	Абрис
1	42°30'	21.2	
2	71°15'	25.3	
3	91°00'	22.3	
4	112°10'	20.6	
5	177°20'	20.2	
6	195°15'	35.3	
7	232°20'	22.0	



23 июня 53 г. Съемку производила А. Веселовская

«В чем же тут быстрота? — спросите вы. — Ведь так много приходится измерять расстояний».

Дело в том, что топографы при этой съемке обычно измеряют расстояния не рулеткой, не ковыльком, а получают их более быстрым способом — с помощью дальномера, о котором я вам пока еще ничего не говорил.

Какая же съемка лучше: с помощью планшета на столе и визирной линейки или вот эта самая, тахеометрическая?

Если участок далеко, то стол или табуретку с собой таскать неудобно. В холодную и ветреную погоду тахеометрическая съемка, разумеется, предпочтительнее, так как рисовать план вы будете дома за столом. И все равно потом обязательно надо с готовым планом в руках выйти для проверки в поле.

Какая картина у художника выйдет живее, правдоподобнее, красочнее: та, которую он рисует, сидя дома, с мелких набросков, с эскизов карандашом, или та, которую он рисует прямо с натуры, четкими, правдивыми контурами изображая солнечные блики на лицах, на одежде людей, подбирая яркие, естественные цвета?

Несомненно, вторая картина будет значительно художественнее.

Так и в топографии. Снимать ситуацию, наносить все подробности на план, конечно, лучше всего именно в поле, вытаскивая стол на участок. Ведь вы, снимая план, одновременно рисуете его, сравниваете природу с планом. Вы видите все малейшие изгибы ситуации, все подробности, одновременно замечаете ошибки и неточности и тут же их исправляете.

«А разве настоящие топографы вытаскивают в поле стол?» — спросите вы.

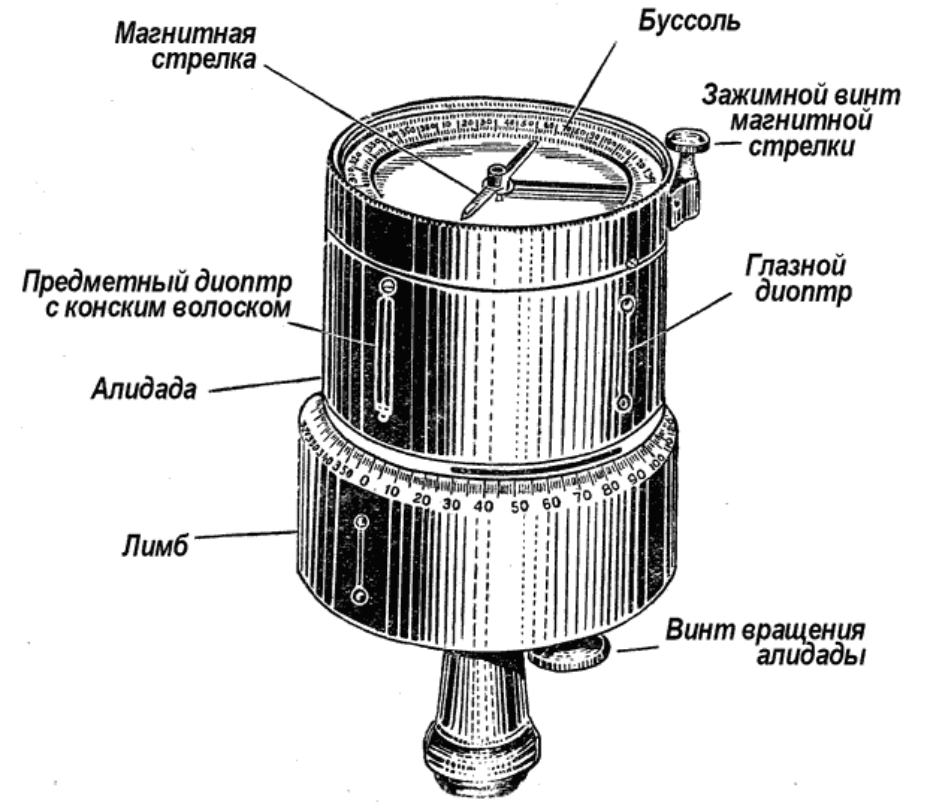
Подробно я вам отвечу на это позднее. А сейчас, забегая вперед, скажу: да, вытаскивают солидный прибор на трех ногах, очень похожий на настоящий стол.

Глава четвертая
НАСТОЯЩАЯ ТОПОГРАФИЯ

Гониометр

Это было в самом начале моей работы на изысканиях.

— Вот гониометр. Вы будете измерять углы, — сказал мне начальник партии Сахаров и вручил прибор, очень похожий на две консервные банки, надетые на палку одна над другой.



Гониометр

Я был разочарован. Мне хотелось расставлять треногу, глядеть в трубу, вертеть разные винты, а эти консервные банки что-то уж очень были неказисты...

С виду **гониометр** совсем не похож на вашу самодельную астролябию, а на самом деле, если присмотреться, вы найдете в

нем те же части. Только назовем эти медные консервные банки стаканами. Нижний стакан — это неподвижный лимб, по краю его идут градусные деления; верхний стакан — это алидада с диоптрами и с буссолью наверху. В астролябии алидада была открыта, а здесь для прочности все ее части составляют одно целое; в стакане прорезаны только щелки — диоптры. В предметных диоптрах находятся уже известные вам конские волоски. Кроме основной пары диоптров, прорезана пара вспомогательных (перпендикулярно первой), специально для построения на местности прямых углов.

Гониометр надевается на палку. Он весит немного более килограмма. Легкость — это его преимущество. Он удобен при всяких предварительных изысканиях, когда зачастую приходится пробираться по дремучим лесам.

Но гониометром измеряют углы не особенно точно. По конскому волоску в диоптре точно установить вешку можно метров за 70, а дальше волосок кажется уже толще вешки.

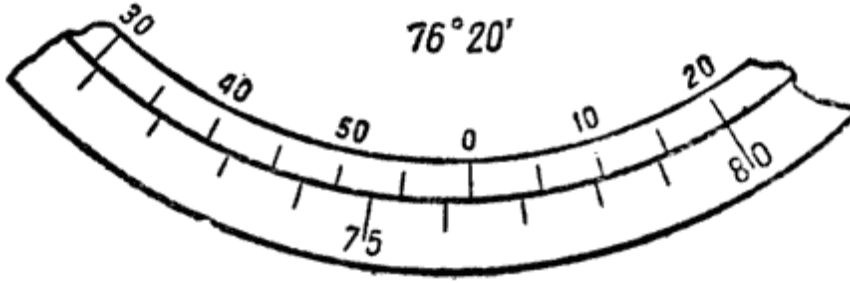
Однажды мне пришлось устанавливать по гониометру рабочего с вешкой на другом берегу реки Кубани. И что же? Волосок закрыл собой не только вешку, но и рабочего.

В вашей астролябии алидада вращалась на гвозде, здесь один стакан (алидада) ходит в другом (лимбе) и показывает на те или иные градусные деления лимба.

Углы измеряются в обоих инструментах по одному и тому же принципу. Вы поворачиваете стакан-алидаду, наводите диоптры на заднюю вешку, берете отсчеты по лимбу, снова поворачиваете алидаду, наводите диоптры на переднюю вешку и берете второй отсчет.

Сами отсчеты по лимбу берутся по другому принципу. В астролябии у вас были две патефонные иголки, в гониометре имеются специальные приспособления — **верньеры**. На алидаде есть штрих ноль и деления, идущие вправо от этого штриха, но не градусные, а составляющие 11/12 градуса; всего этих делений 12. Ноль алидады немного отошел вправо от деления 76°.

Теперь давайте по этому верньеру попробуем сосчитать минуты не на глаз, а более точно. Смотрите на прочие штрихи верньера и на градусные штрихи лимба. Вы видите, второй штрих верньера находится немного ближе к штриху лимба, третий — совсем близко, а четвертый совпал. Оба штриха слились в одну прямую линию.



Верньер. Точность отсчета 5'.

Так как каждое деление верньера составляет 11/12 градусного деления лимба, нетрудно догадаться, что второй штрих верньера подошел на 2/12 ближе, третий — на 3/12, четвертый — на 4 /12, то-есть на 20'. Это и есть отсчет минут — 76°20', тут не нужно гадать на глаз, а прямо, глядя, какой штрих верньера совпадает со штрихом лимба, называть минуты.

Строение человеческого глаза таково, что он может гораздо точнее отметить совпадение обоих штрихов на лимбе и на алидаде, чем оценить на глаз доли градусных делений.

Верньеры имеются во всех угломерных инструментах. В гониометре разница между штрихами алидады и лимба равнялась 1\12, то-есть 5'. В других угломерах разница берется 1/30, 1/60, 1/120, и следовательно, отсчеты по лимбу берутся с точностью до 2', до 1', до 30". Верньеров всегда бывает два, расположенных на 180° один от другого.

Ноль буссоли в гониометрах находится в одной вертикальной плоскости с диоптрами. Отпуская винт магнитной стрелки, вы заставляете ее северный конец показать на какой-то градус буссольного круга, а этот градус соответствует нолевому штриху алидады и, значит, соответствует той линии на местности, по которой наведены диоптры. Следовательно, вы можете отсчитать по магнитной стрелке азимут этой линии.

Теодолит

— Сегодня вы пойдете с теодолитом, — сказал мне Сахаров. — Сумеете?

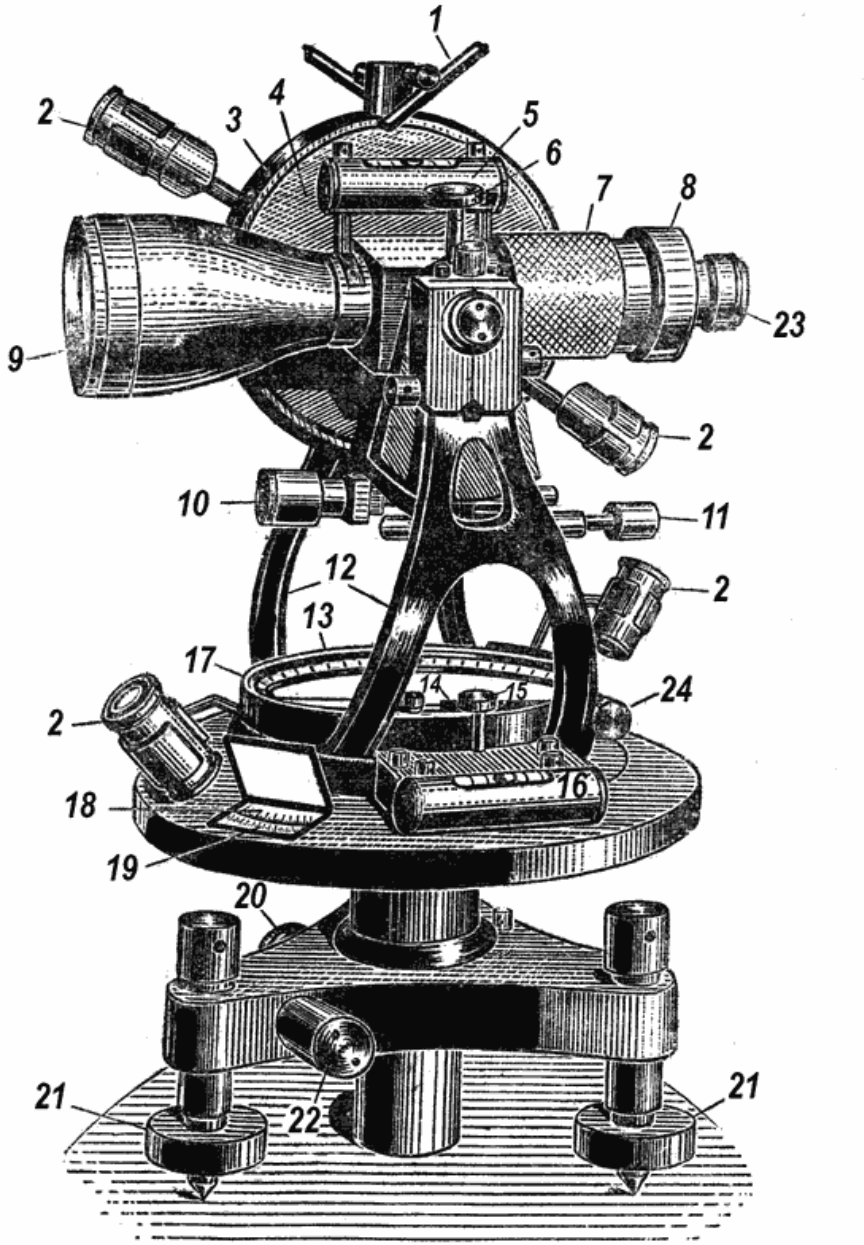
Теоретически я, конечно, знал названия всех многочисленных частей и винтов этого самого распространенного угломерного инструмента, знал наизусть все его поверки, но практически...

А вообще оказалось не так страшно: зная гониометр, я быстро

научился измерять углы и теодолитом.

С виду он совсем не похож ни на вашу деревянную астролябию, ни на гониометр: у него много винтов, винтиков и всяких приспособлений.

Да, теодолит — очень сложный инструмент, но основные части его те же самые, что и в других угломерных инструментах. Лимб с градусными делениями у него плоский и большего диаметра, чем у гониометра. Чтобы предохранить тончайшие градусные деления от сырости, от пыли, от ударов, весь лимб обычно делается закрытым, и в нем прорезаются только два окошечка со стеклами, через которые видны верньеры алидады с точностью отсчетов по ним до Г или до 30". Градусные деления так мелки, что их рассматривают через специальные маленькие лупы[24].



Теодолит: / — зеркало; 2— лупы; 3— алидада вертикального круга; 4 — лимб вертикального круга; 5 — уровень при трубе (уровень вертикального круга не виден); 6 — закрепительный винт трубы; 7 — муфта внутренней фокусировки; 8 — сетка трубы; 9 — объектив; 10 — микрометренный винт вертикального круга; 11 — микрометренный винт трубы; 12 — подставки; 13 — микрометренный и закрепительный винты алидады (не видны); 14 — магнитная стрелка; /5 — зажимной винт магнитной

стрелки; 16 — уровень алидады; 17 — буссоль; 18 — верньер алидады; 19 — горизонтальный лимб; 20 — закрепительный винт лимба; 21 — подъемные винты; 22 — микрометренный винт лимба; 23 — окуляр; 24 — уровень лимба. (рис. со стр. 119 — *V_E*).

В теодолите вращается не только алидада, но также и лимб. Внизу видны винты лимба, а сбоку — винты алидады. Винтов этих по два: один — **закрепительный**, другой — **микрометренный** (его вращают только чуть-чуть, чтобы точно навести трубу на вешку).

Сверху алидады видны круглая коробка буссоли с магнитной стрелкой и два валика, поставленных перпендикулярно друг другу. Эти валики — **уровни**. Они представляют собой короткие, наглухо запаянные стеклянные трубочки, в которых налита незамерзающая жидкость (обычно эфир), причем налита так, что остается пузырек безвоздушного пространства. Трубочка едва заметно изогнута. Пузырек, находящийся в самом выпуклом участке трубочки, при малейшем наклоне инструмента уходит в сторону.

Безвоздушное пространство в уровне получается так: эфир наливается в трубочку сильно нагретым. Трубочка, наполненная им до отказа, запаивается. После остывания объем эфира, как и вообще всякого тела, уменьшается, и в трубочке получается пузырек безвоздушного пространства. Этот пузырек в холод увеличивается, а в жаркую погоду уменьшается.

Внизу под лимбом находятся три **подъемных** винта. Поднимая один винт и опуская другой, а потом проверяя по третьему, всегда можно пузырьки обоих уровней подвести на середины трубочек, то-есть установить инструмент совершенно горизонтально. Основная ось теодолита, та ось, вокруг которой вращаются и лимб и алидада (так называемая вертикальная ось вращения инструмента), будет действительно при этом вертикальна[25].

Вместо диоптров наверху на двух подставках установлена зрительная труба, которая увеличивает в двадцать — двадцать пять и больше раз.

С тех пор как начали применяться при геодезических работах инструменты с трубами, все измерения стало возможным производить гораздо точнее. Вешка, поставленная за километр, видна очень хорошо.

Эта труба состоит из двух систем увеличительных стекол — линз; одна система — у глаза наблюдателя — называется **окуляром**, другая — на противоположном конце — **объективом**.

В трубу возле окуляра вставлено очень тоненькое стекло-**сетка**, на котором алмазом нарезаны тончайшие нити — одна вертикальная и три горизонтальные. Раньше, когда не умели так искусно нарезать нити, брали настоящие паутинки и наклеивали их на стекло.

Смотрели ли вы когда-нибудь в теодолит? Сначала вы ничего не поймете — увидите какой-то туман, сероватый и зеленоватый. Надо сперва специальным боковым винтом — **кремальерой** — навести на фокус. Если фокусировка внутренняя, надо крутить муфту, надетую на самую трубу, отчего меняется фокусное расстояние. На рисунке (стр. 119) изображен теодолит с внутренней фокусировкой.

Наконец изображение получилось ярким и ясным, но только все перевернулось: земля очутилась вверху, а небо внизу[26].

Вам надо товарища с вешкой поставить так, чтобы вешка попала на вертикальную нить. В трубу кажется, что его надо подвинуть влево. Ни в коем случае не давайте ему сигнала левой рукой — он отойдет еще дальше.

Начинающий топограф долго не может привыкнуть к этому «наоборот» и заставляет рабочего с вешкой двигаться то вправо, то влево.

Вот, что видно в теодолит.

Измеряются углы теодолитом по тому же принципу, что и самодельной астролябией или гониометром. Поставьте треногу теодолита по отвесу точно над вершиной угла, установите инструмент по уровням, закрепите винтами лимб и алидаду, наведите на заднюю вешку, возьмите отсчеты по обоим верньерам. Теперь открепите алидаду и всю верхнюю часть инструмента и наведите трубу на переднюю вешку и вновь берите отсчеты. Помните, что взгляд назад минус взгляд вперед дает правый по ходу угол. Теперь переверните трубу вокруг оси, поставив объектив на место окуляра (это называется перевести трубу через **зенит**), вновь берите отсчеты, вычитайте, и получите опять-таки правый угол. Оба правых угла должны отличаться друг от друга не более чем на 1'— 1'30"[27]; если больше, значит вы

недостаточно аккуратно измерили угол или инструмент у вас был не в порядке.

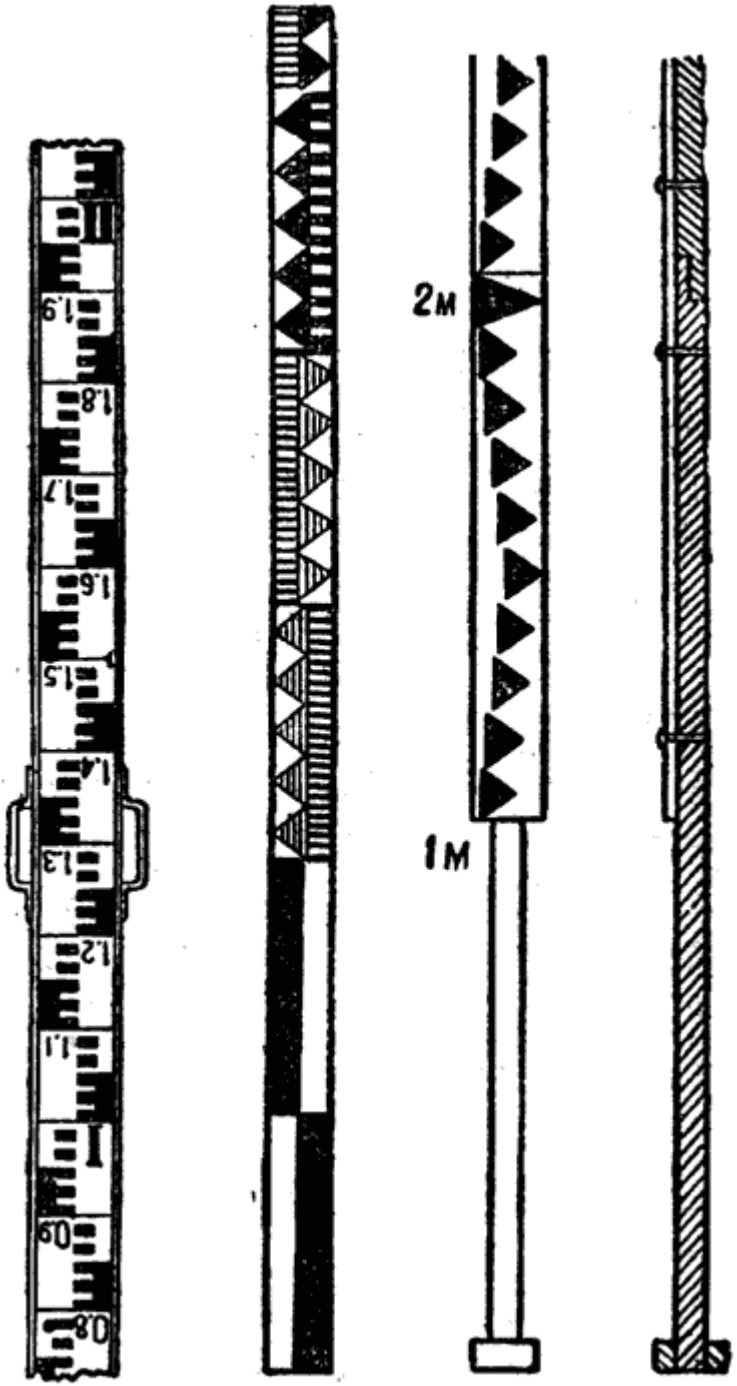
С теодолитом, как и со всяким другим геодезическим инструментом, нужно обращаться бережно и аккуратно и держать его по возможности уложенным в ящик. Если едешь на автомашине или на подводе, ящик полагается держать у себя на коленях. Если несешь инструмент привинченным к треноге, надо идти осторожно, держа его высоко на плече, как винтовку, через канавы не перепрыгивать и следить, чтобы за него не цеплялись ветки деревьев и кустарника.

Все части теодолита должны быть подогнаны, оси должны быть строго вертикальны или горизонтальны. Подкручивая или отпуская поочередно мелкие регулирующие винтики, каждый топограф должен уметь выверять свой инструмент. Некоторые поверки, например поверки уровней, необходимо проделывать ежедневно.

Как измеряются расстояния

Самый быстрый способ определения расстояний — с помощью дальномеров.

Существуют специальные **рейки** — узкие доски, трех- или четырехметровые, иногда складывающиеся, иногда раздвижные, на которые нанесены сантиметровые деления — черные или красные шашки, а сбоку стоят цифры дециметров. Иногда эти деления рисуют в виде треугольников и фигурок разных размеров и формы.

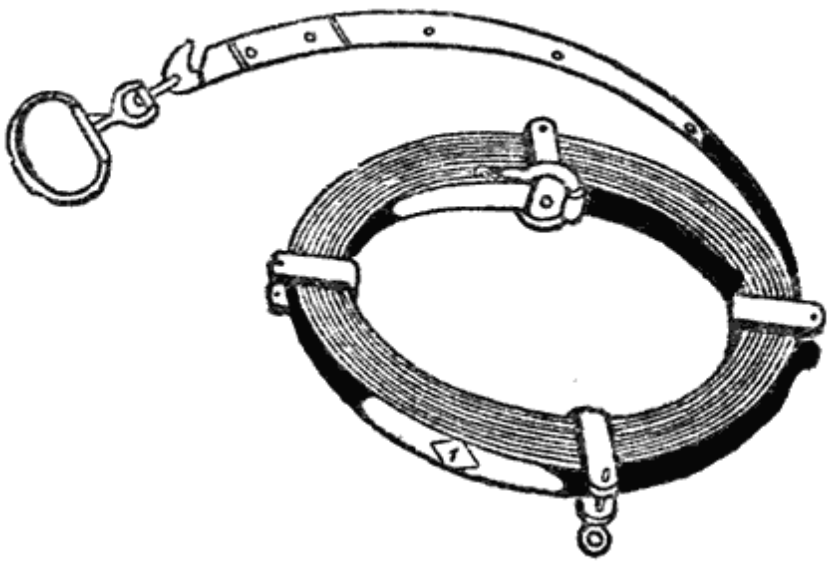


Рейки различных типов.

Три горизонтальные нити в трубе теодолита и есть нити дальномерные. Они нарезаны так точно, что если посмотреть в теодолит на рейку, поставленную на расстоянии 100 метров, от нижней нити до верхней поместится как раз 100 сантиметров рейки. Значит, посылая рабочего-реечника на какие-либо характерные точки на местности, вы отсчитываете по рейке количество сантиметров между нитями и получаете количество метров до этой точки. Быстро, но неточно. На полметра и больше вы всегда можете ошибиться. Впрочем, при съемке в масштабе 1 : 2000 и мельче такой ошибкой можно пренебречь.

Иногда в теодолитах при расстоянии 100 метров до рейки между нитями помещается не 100 делений рейки, а немного больше или меньше. Тогда вычисляют так называемый постоянный **коэфициент** дальномера, на который и умножают полученные отсчеты по рейкам.

Измеряют расстояния обычно стальной 20-метровой лентой. На такой ленте на каждом метре закреплены бляшки с цифрой метра, на каждом дециметре имеются маленькие отверстия, а сантиметры отсчитываются на глаз. На обоих концах ленты находятся специальные крючочки с отметкой; от одной отметки до другой — 20 метров.



Стальная 20-метровая лента.

Измеряют лентой точно так же, как и рулеткой. Существует

шесть таких же проволочных шпилек, и передний мерщик, встряхивая и натягивая ленту, вставляет в крючочек ленты шпильку. Задний, наступив ногой на конец ленты, в который вставлена шпилька, направляет переднего по линии. Одна за другой шпильки переходят от переднего мерщика к заднему.

При измерении лентой на ровной местности ошибка на 100 метров допустима до 5 сантиметров.

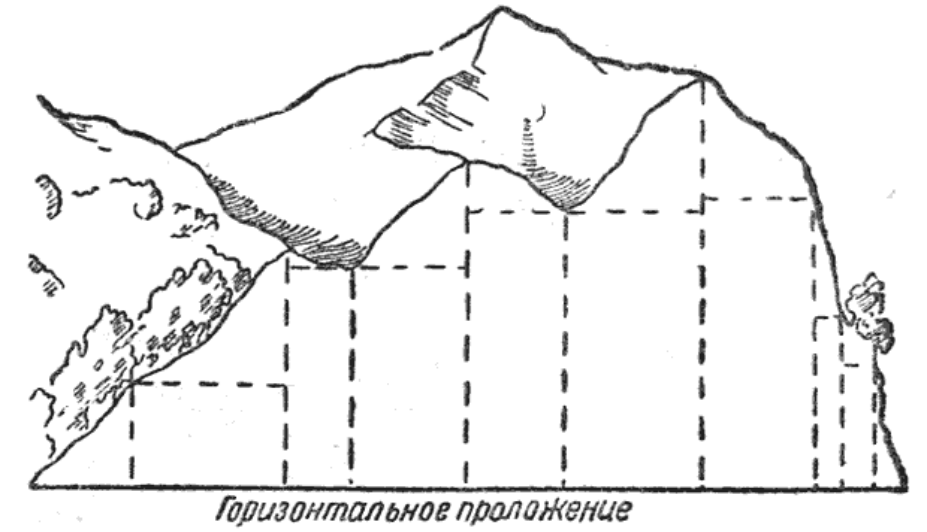
Такой лентой можно мерить гораздо точнее, если концы ее отмечать не шпильками, а лезвием ножа. При этом передний мерщик держит ленту не за ручку, а за прицепленный к ручке динамометр и натягивает ленту всегда с определенной силой, обычно в 10 килограммов. Сантиметры при этом отсчитываются не на глаз, а обыкновенной ученической линейкой.

Наконец, существует специальная **штриховая** лента, разделенная на сантиметры, а у концов — на миллиметры. Предварительно такую ленту испытывают в лаборатории на особом приборе, называемом **компаратором**. Этим прибором с точностью до десятых долей миллиметра определяется длина ленты при натяжении с силой в 10 килограммов, а также узнается, насколько эта длина колеблется под влиянием температуры. В среднем при повышении или понижении температуры на 10° длина ленты изменяется на 2,5 миллиметра. Прежде чем измерять расстояние штриховой лентой, сперва с помощью обыкновенной ленты через каждые 20 метров забивают вровень с землей колья, а когда ведется уже точное измерение, концы штриховой ленты отмечают ножами на этих кольях. При этом натягивают ленту с помощью динамометра, а к ленте прикрепляют термометр и через определенные промежутки времени записывают температуру, а впоследствии в каждое измерение вносятся соответствующие поправки.

Существуют способы измерения линий еще более точные и сложные, с ошибкой даже менее 1 миллиметра на 100 метров.

На плане и на карте местность изображается такой, какой она кажется сверху, с самолета. Ровные участки от этого нисколько не изменяются, но горы и овраги получаются иными: если смотреть с самолета перпендикулярно вниз, то горы как бы выравниваются. На плане от горы до горы кажется совсем близко, а на местности приходится преодолевать большие расстояния — то подниматься, то спускаться.

Если разрезать отвесно гигантским ножом горную местность и посмотреть на этот разрез сбоку, получится ломаная линия. Вы уже знаете, что эта ломаная линия называется профилем. На плане обычно изображается не она сама, а ее проекция, которая называется **горизонтальным проложением**.



Поперечный разрез горной местности.

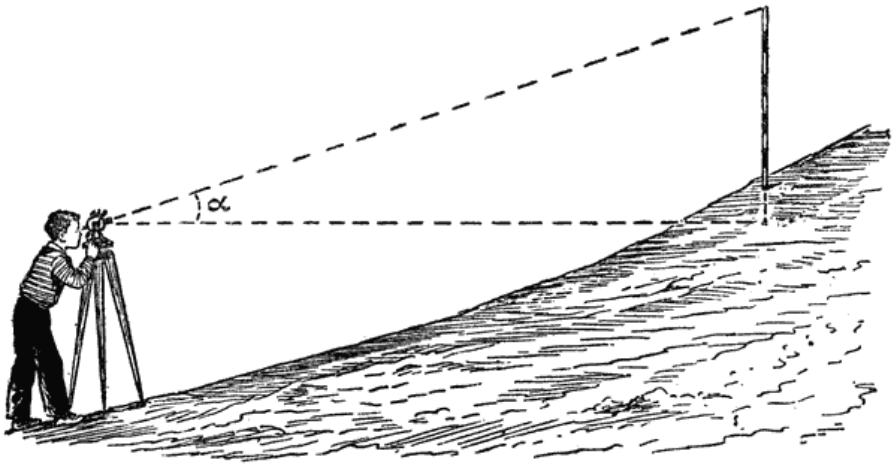
Стало быть, выходит, что в горах все планы и карты неверны? Да, туристам очень советую пользоваться картой с учетом подъемов и спусков. Но всех других, имеющих дело с картами и планами, такое искажение местности не испугает, а, наоборот, окажет им помощь.

Когда на косогоре строится здание, стены возводят отвесными, а пол делают горизонтальным, и здание на косогоре занимает площадь, равную горизонтальному проложению.

Растения и деревья всегда тянутся вверх, к солнцу. Значит, на любом косогоре вырастет столько же леса и пшеницы, сколько и на горизонтальном его проложении.

Строители-железнодорожники, проводящие дорогу в горной местности, ведут ее то по насыпям, то по выемкам, а если окажется, что гору обойти невозможно, они пробивают сквозь нее туннель и, следовательно, во всех случаях прокладывают путь по горизонтальному проложению[28].

Когда измеряется лентой линия, идущая в гору или под гору, ленту кладут плашмя на землю и измеряют угол наклона горы α. Горизонтальное проложение равно измеренной линии минус поправка из таблицы (см. стр. 193).



Измерение угла наклона вертикальным кругом теодолита.

Угол наклона измеряют эклиметром или **вертикальным кругом** теодолита, который находится сбоку трубы. На круге нанесены градусные деления, идущие от горизонтального ноля в обе стороны, имеются два верньера для отсчета минут и специальный уровень.

При угле α в 2° поправка на наклон местности на 100 метров равна всего 6 сантиметрам. При обычных измерениях, если гора отлогая, эта поправка во внимание не принимается.

Обоснование съемки

Обоснование — это тот скелет, тот каркас, на котором строится вся съемка.

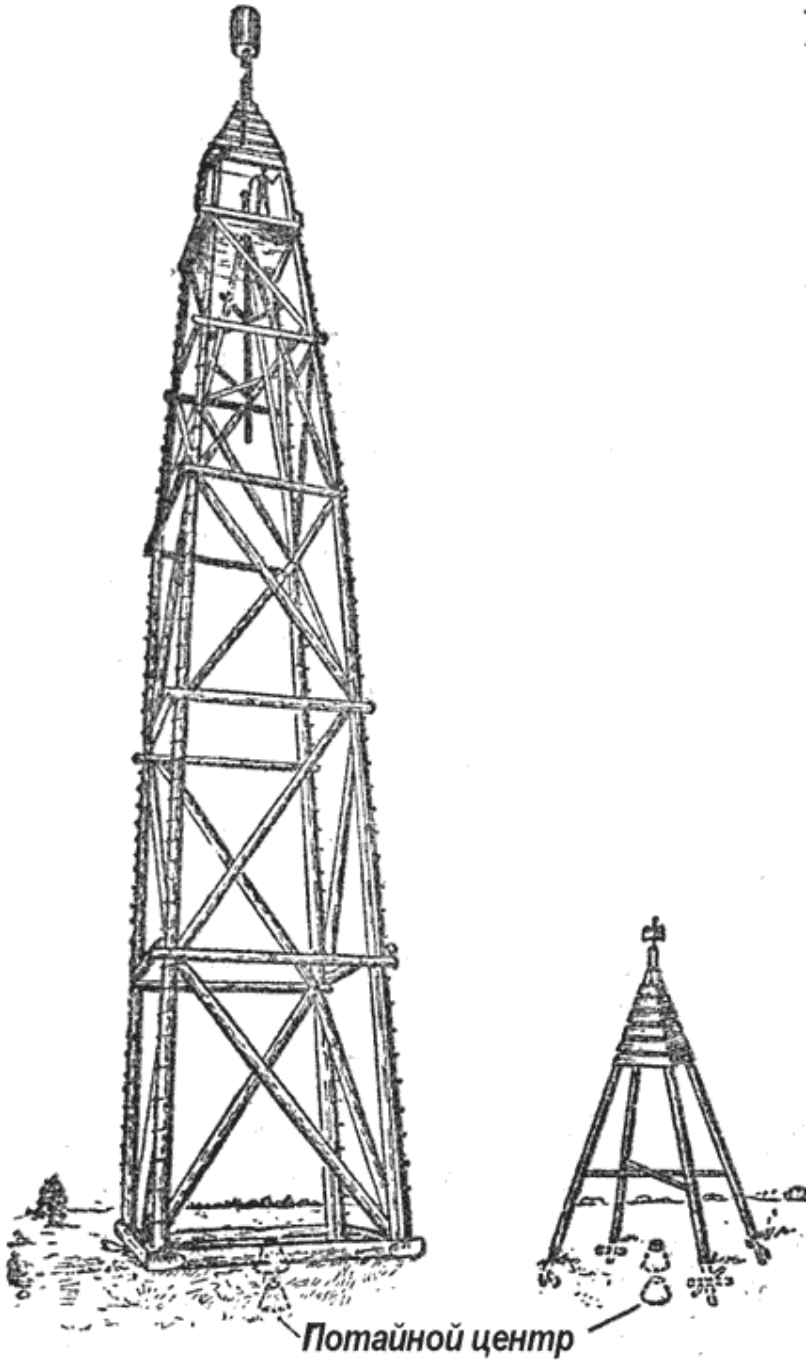
На большей части нашей страны уже существует обоснование, соединенное между собой в единую систему. Каждая точка обоснования имеет свою географическую широту и долготу, так называемые **географические координаты**, вычисленные с большой точностью.

Что же это за точки?

Случалось ли вам видеть высокие, иногда метров в 30 и больше, деревянные вышки, поставленные на самых высоких холмах, хорошо заметные со всех сторон?

Иногда эти вышки бывают и меньше и не такой сложной конструкции. Называются они **триангуляционными знаками**. Большие вышки — **сигналы** — отстоят друг от друга на расстоянии 25-30 и более километров, маленькие — **пирамиды**

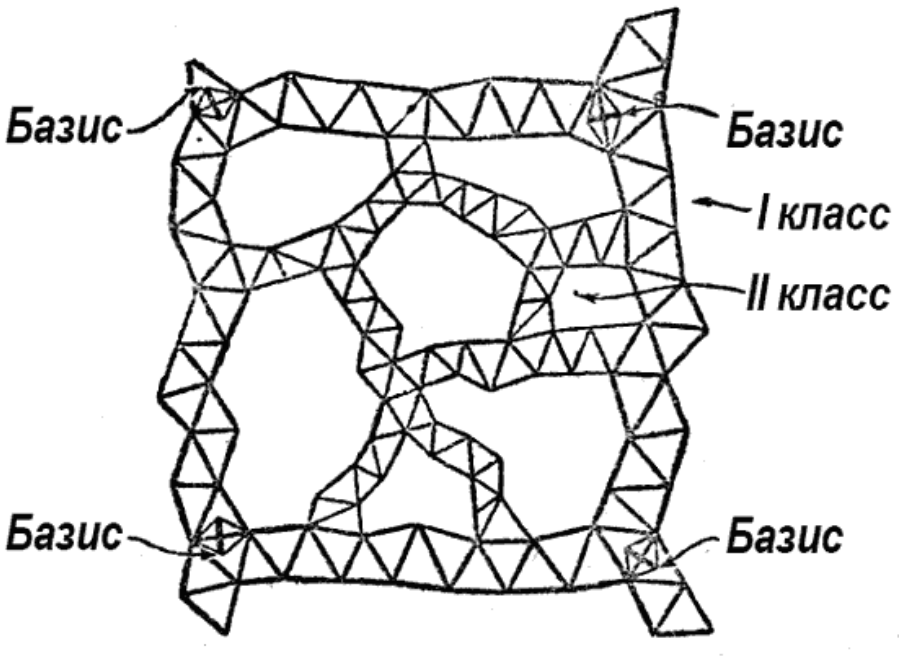
— ставятся на меньшем расстоянии.



Триангуляционные знаки: сигнал (слева) и пирамида (справа).

Сигналы поставлены в определенной системе: они образуют ряды, тянущиеся в направлении с запада на восток и с севера на юг. Расстояние между рядами равно примерно 200 километрам.

На рисунке видно, что эти ряды состоят из целых цепочек треугольников, соединенных между собой. В местах пересечения этих рядов-цепочек есть треугольники поменьше. Только самую меньшую сторону этих маленьких треугольников и измеряют с величайшей точностью непосредственно в поле.



Ряды триангуляции I и II классов.

Такая непосредственно измеренная сторона треугольника называется базисом. В других треугольниках измеряются теодолитом-двухсекундником только углы. Углы-то измерять гораздо быстрее. А длины сторон всех этих треугольников получаются путем вычислений.

С географическими градусами и минутами вычисления очень усложняются, поэтому они переведены в совершенно определенную государственную систему координат, выраженную в километрах, метрах и сантиметрах.

Вся эта система треугольников называется **триангуляцией**.

В северных глухих районах географические координаты

пунктов определяют теодолитом-двухсекундником по звездам. Такие не связанные с общей сетью триангуляции пункты называются **астрономическими**.

Лучше всего измерять углы ночью, когда колебания воздуха значительно уменьшаются. Я в свое время работал техником на триангуляции в Сибири. Залезешь, как стемнеет, на сигнал и маленьким фонариком освещаешь гвоздик, поставленный в центре знака, и вдруг замечаешь, что вдали начинает мигать огонек: это начальник передает по азбуке Морзе, что он поднял инструмент на сигнал и начал наблюдения.

В 1938 году в Жигулях, на Самарской луке на Волге, я и один рабочий с рюкзаками за плечами, с ружьем и компасом отправились на вершины Жигулевских гор выбирать такую точку для установки сигнала, чтобы Волга была видна и в северном и в южном направлении. Пробродили мы два дня и в конце концов такую точку выбрали.

Теперь мне иногда приходится ездить в Среднюю Азию. На перегоне Сызрань — Куйбышев я всегда подхожу к окну и гляжу на едва видимые в синей дымке Жигулевские горы и стараюсь отыскать острую стрелку знакомого сигнала.

Г. Федосеев в своей книге «Мы идем по Восточному Саяну» описывает, как его экспедиция устанавливала на Саянских горах триангуляционные знаки, поднимая с большим трудом на вершины гор цемент и лес для пирамид.

Много препятствий приходится преодолевать экспедициям в Заполярье на работах по триангуляции. За недостатком леса знаки там иногда делаются в виде башен из льда с металлическим стержнем посередине.

Между рядами триангуляции I класса прокладываются ряды II класса, со сторонами треугольников более мелкими; в них уже сплошной сетью вставляются ряды III, IV и V классов.

Каждый сигнал имеет четыре центра, находящиеся на одной линии:

1. Самый верхний стерженек: на него наводят вертикальную нить теодолита с других пунктов.

2. Центр круглого столика наверху: на него ставят теодолит без треноги, когда хотят вести наблюдения.

3. Крест, высеченный на камне, или металлический кружок с дырочкой, вставленный в бетонный параллелепипед, вкопанный в землю.

4. Такой же потайной центр на глубине около 1,5 метра.

Триангуляция I класса имеет громадное научное значение. С помощью рядов треугольников можно путем вычислений определить значительное расстояние по поверхности Земли и,

получив по звездам с большой точностью географические координаты на концах этого расстояния, можно узнать размеры дуги меридиана, а значит, и размеры всего земного шара и величину его сжатия у полюсов.

Француз Деламбр в 1800 году определил размеры дуги меридиана; его измерения легли в основу метрической системы.

Затем русский ученый Струве [29] возглавил работы по определению в Скандинавии размеров грандиозной дуги меридиана в 25°20' и уточнил данные Деламбра.

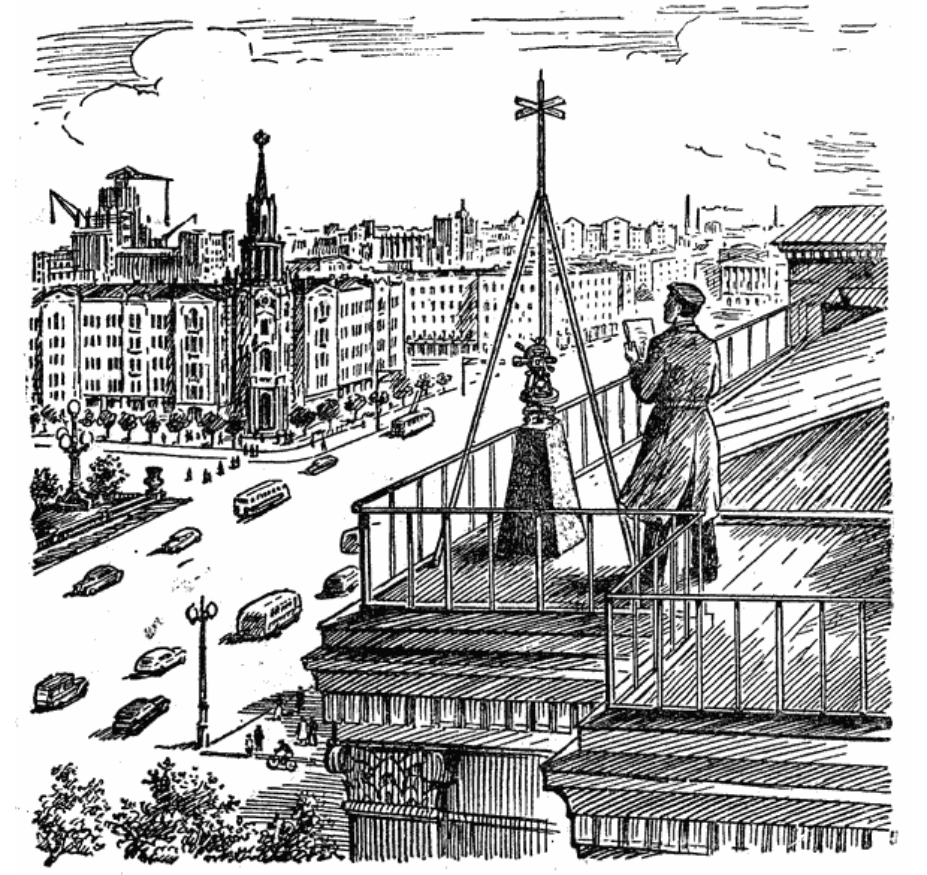
Позднее определяли размеры дуги англичанин Кларк (1880 год), американец Хейфорд (1909 год) и, наконец, в наше время в СССР (1940 год) под руководством Ф. Н. Красовского были определены размеры гигантской дуги меридиана начиная от Кольского полуострова. Результаты Ф. Н. Красовского являются наиболее точными.

Для обоснования крупномасштабных съемок использовать сигналы и пирамиды невозможно: они стоят слишком редко; требуется сеть **сгустить**. Для съемки берегов реки часто применяется **микротриангуляция**, при которой стороны треугольников равны 2-5 километрам или меньше.

Я лично занимался микротриангуляцией в Грузии. При съемке берегов Куры вехи я расставил на расстоянии 500-800 метров друг от друга. Базисов измерил два: один — по городской асфальтовой дорожке, другой — по мосту через Куру. У вас, возможно, возникнет вопрос: «А как же в городах, где составляются планы очень крупного масштаба? Как же там ставятся триангуляционные знаки? В лесу можно вырубить просеку от сигнала до сигнала, а в городах за высокими домами все равно сигнала не увидишь».

Сигналы в больших городах как раз и ставят на крышах, а вы, когда ходите по улицам, вверх голову не поднимаете и ничего странного на крышах не замечаете...

Если вы москвич, попробуйте найти такой сигнал невдалеке от памятника А. С. Пушкину.



Триангуляционный знак в городе.

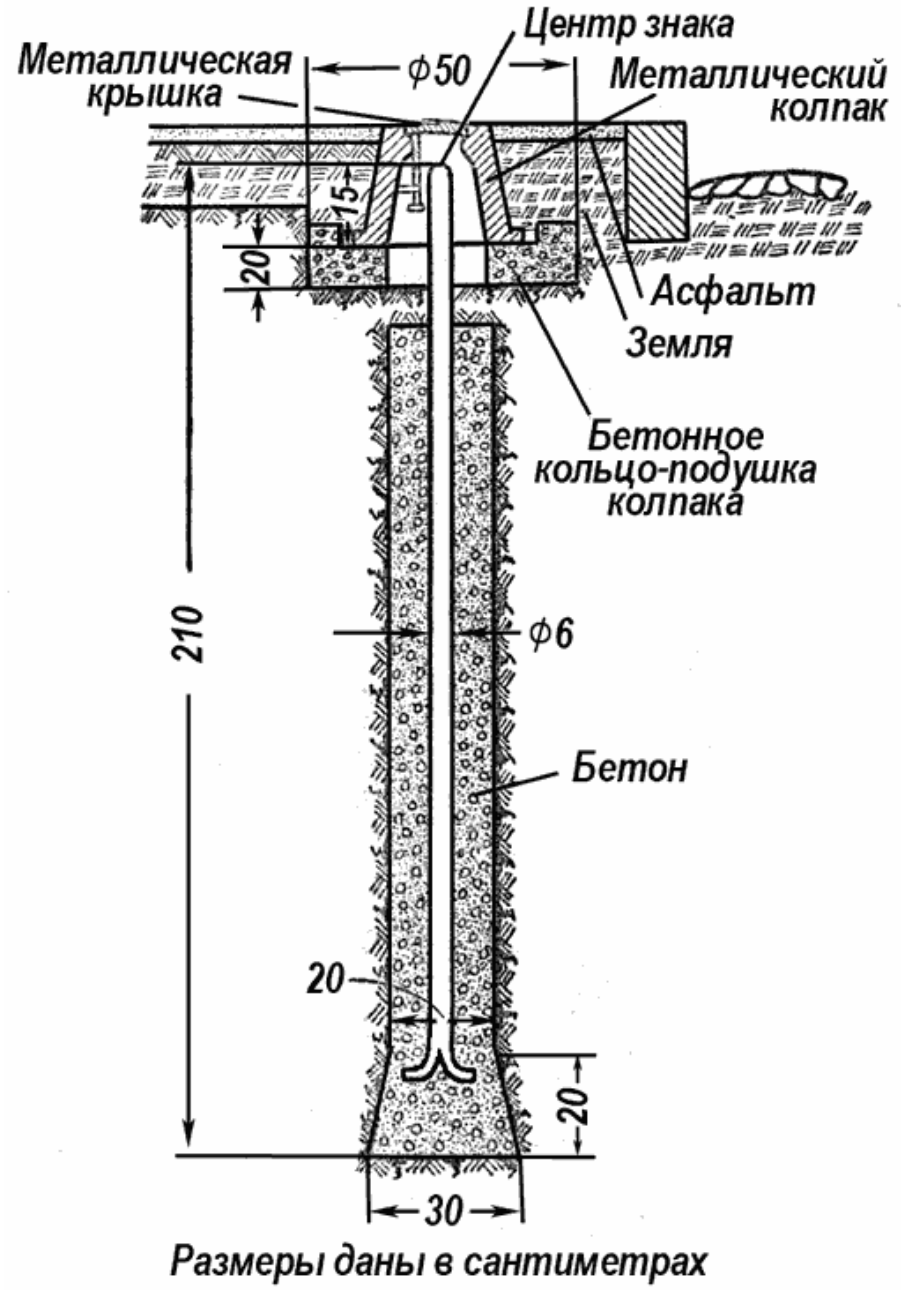
Но все же в городах таких сигналов для обоснования съемки немного, потому что пользоваться ими неудобно. В городах для сгущения обоснования разбивают **полигонометрические хода**.

Вероятно, когда вы ходите по улицам города, вы не смотрите также и на землю, на асфальт тротуаров, и не замечаете небольших металлических круглых дисков, вкрапленных в асфальт чаще всего на перекрестках улиц.

Эти диски — крышки. Если крючком открыть такую крышку, вы увидите металлический стержень, стоящий вертикально. Оказывается, он длиною до 2,5 метра и забетонирован, а вы видите только его закругленный конец с маленьким отверстием посередине.

Этот стержень есть полигонометрический знак. Их ставят на главных улицах на расстоянии не свыше 300 метров друг от

друга, так чтобы из одного пункта было видно не меньше двух соседних.



Полигонометрический знак для городской территории.

Полигонометрические хода проводятся с измерением углов теодолитом-тридцатисекундником и более высокой точности и с измерением длин всех сторон. Измерения линий производятся или штриховой лентой, или еще более точными приборами.

Полигонометрические хода образуют систему замкнутых многоугольников — **полигонов**.

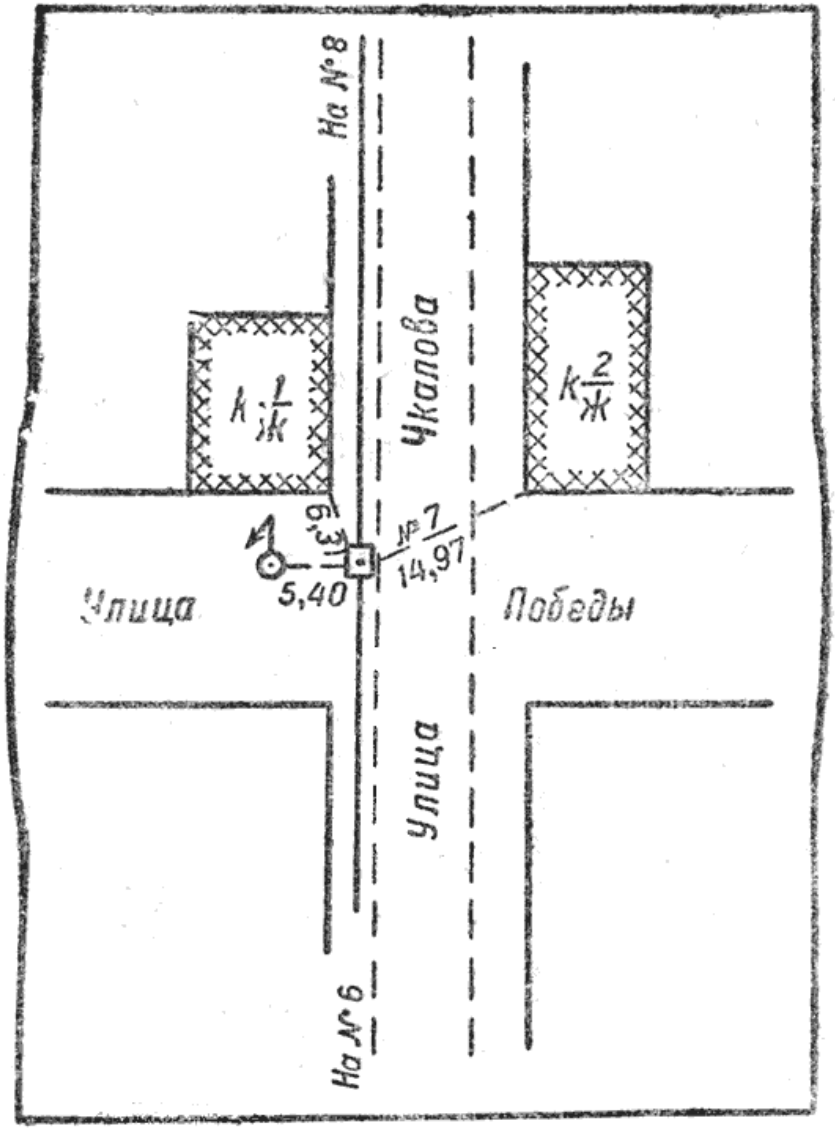
Возможно, вам попадались на глаза на тротуарах металлические штыри или костыли, забитые в асфальт заподлицо, то-есть вровень с поверхностью асфальта.

Вы думаете, это какие-нибудь мальчики просто баловались? Нет. Оказывается, эти штыри — центры съемочных ходов, проведенных от полигонометрических знаков для съемки переулков, отдельных зданий и дворов со всеми мелкими подробностями.

В городском архиве хранятся схемки-**кроки**, в которых указаны расстояния от полигонометрического знака или от штыря до ближайших углов зданий, до столбов и прочих ориентиров. По этим крокам всегда можно найти центры даже под снегом, даже если тротуар вновь заасфальтируют.

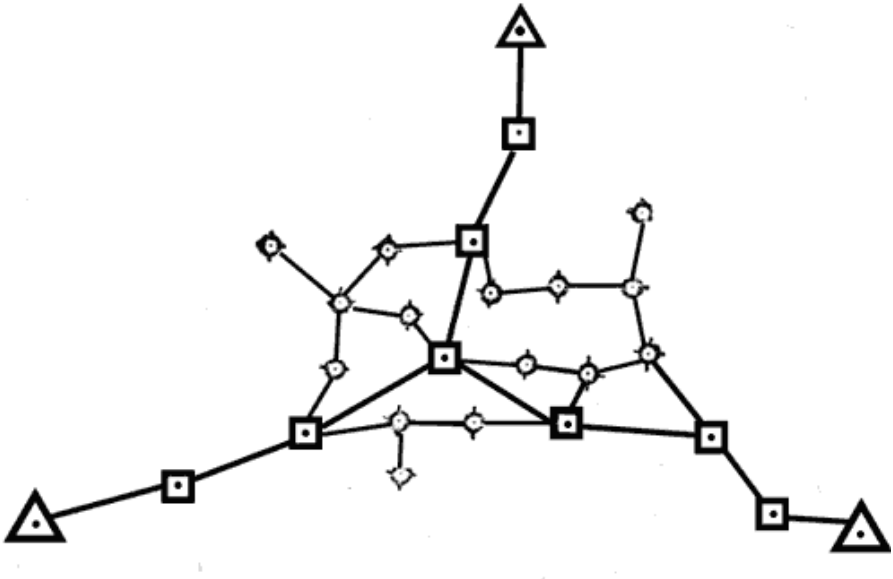
Съемочные хода проводятся с измерением углов обыкновенным теодолитом-тридцатисекундником или минутником и с измерением линий 20-метровой стальной лентой. Называются они **теодолитными** ходами. Примерно такие хода вы проводили для обоснования съемки пионерского лагеря.

Когда снимаются в крупном масштабе площадки будущих фабрик и заводов, обычно для обоснования съемки прокладывают свои полигонометрические и теодолитные хода, идущие по всем направлениям вдоль и поперек участка.



Кроки пункта полигонометрии.

Все учреждения, занимающиеся съемкой местности, обязаны начинать свои хода от пунктов, имеющих государственные координаты, — обязаны, как говорят геодезисты, к этим пунктам **привязываться**. Делается это для того, чтобы полученными планами можно было воспользоваться Для составления общей карты.



Система полигонометрических и теодолитных ходов, привязанных к пунктам триангуляции.

Если таких пунктов вблизи нет, какой-либо своей начальной точке даются условные координаты или ставится астрономический пункт, а начальный азимут принимается либо истинный, вычисленный по солнцу или по звездам, либо берется просто по магнитной стрелке.

В открытой местности на углах ходов ставятся хорошо заметные издали деревянные столбы с гвоздиком на макушке или закапываются и бетонируются отрезки рельсов с крестиком, выбитым на середине головки; иногда забиваются кувалдой просто короткие (1,2-1,5 метра) отрезки железных труб.

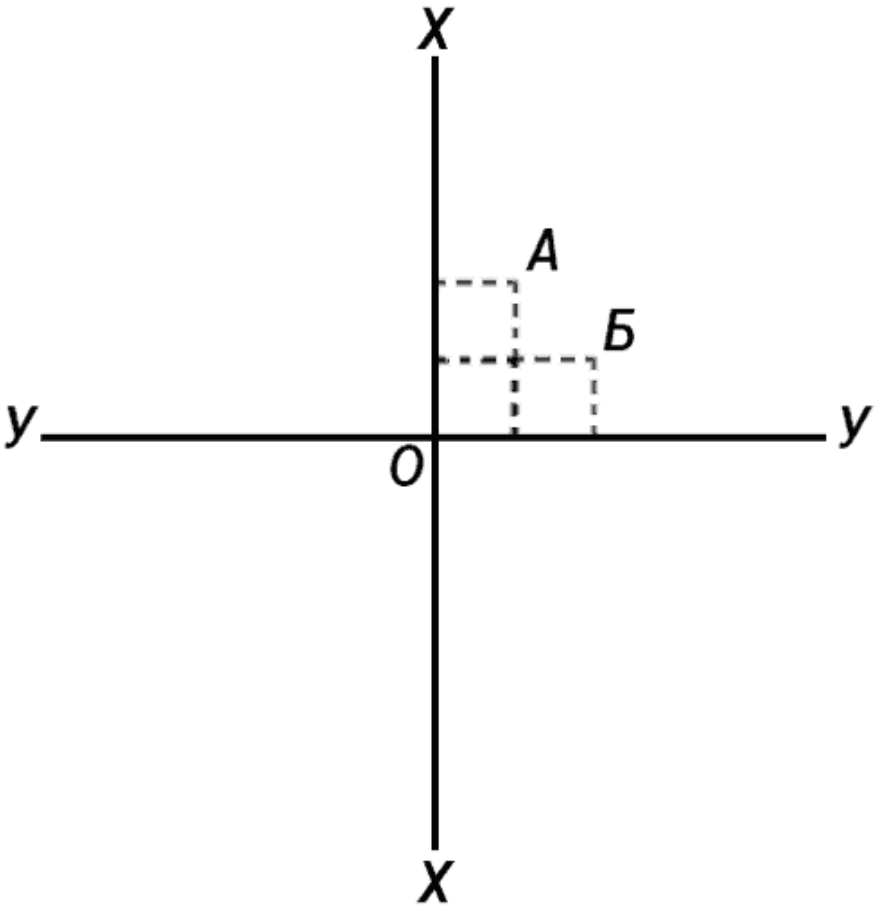
В триангуляции внутри треугольников и от базиса к базису неизбежно получаются какие-то самые ничтожные угловые и линейные невязки. В полигонометрических и в теодолитных ходах образуется целая сеть неправильных многоугольников — полигонов. В них тоже получаются какие-то невязки. Если эти невязки допустимы, их надо разбросать, надо уничтожить до последней секунды, до последнего сантиметра или даже миллиметра.

Такая разброска невязок называется **уравниванием**. Уравнивать систему треугольников или многоугольников не так-то просто: геодезистам приходится иногда тратить целые дни на

уничтожение невязки.

Координаты

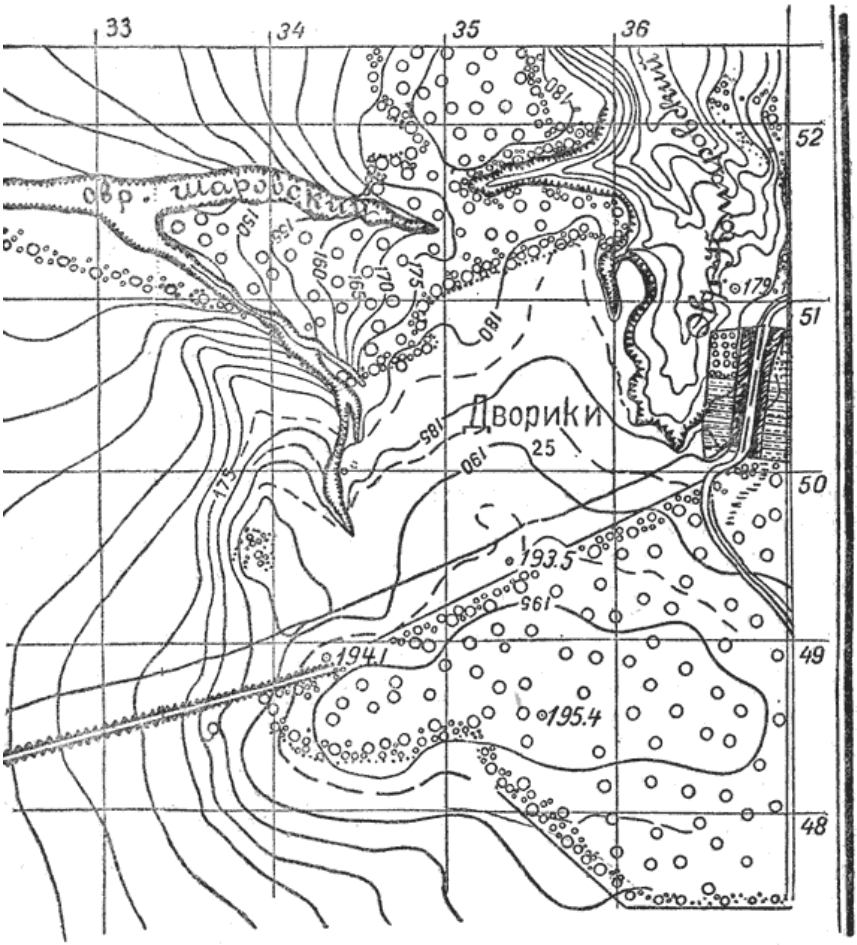
Координаты — это расстояния до какой-либо точки, ***А*** или ***Б***, от двух взаимно перпендикулярных линий (на рисунке на стр. 133: от одной — снизу вверх и от другой — слева направо).



Оси прямоугольных координат. (рис. со стр. 133 — V_E)

Все карты масштаба 1 : 50 000 — 1 : 200 000 разделены на двухсантиметровые прямоугольные клетки. У рамок карт на линиях поставлены цифры километров. Графически, то-есть прикладывая линейку с делениями, по карте можно легко определить координаты любого пункта с точностью до 0,2 миллиметра. Так, пункт 193.5 имеет координаты X = 49 470, У —

35 380; пункт 195.4 — X = 48 550, У = 35 580 (рисунок на стр. 134).



Часть карты масштаба 1 : 50 000. Определите координаты пунктов 193.5 и 195.4. (рис. со стр. 134 — V_E)

Очень просто можно решить и обратную задачу — по данным координатам нанести на карту определенную точку.

Наблюдатель, имея в руках карту, передает на батарею по телефону какие-то цифры; он передает именно координаты

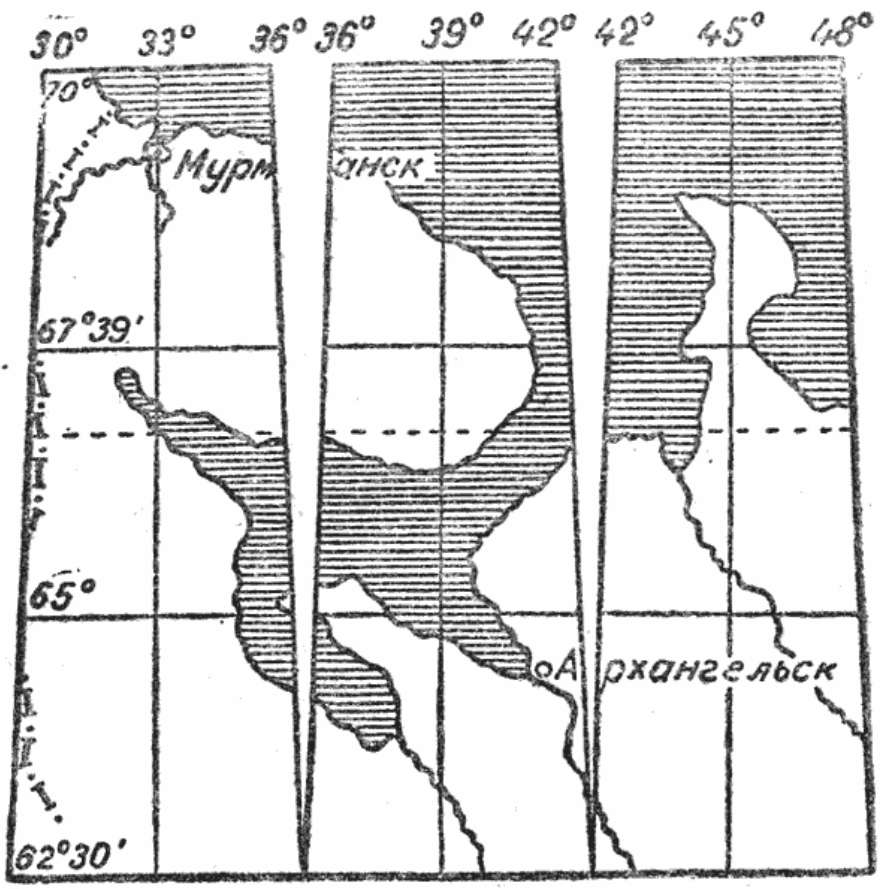
замеченного им неприятельского дота, и артиллеристы с помощью масштабной линейки по этим координатам находят на своей карте нужную точку, вычисляют, куда им нужно направить дуло орудия, и открывают огонь по невидимой цели.

При географических координатах начальным, нолевым, считается меридиан, проходящий через определенную точку в

пригороде Лондона — Гринвиче; нолевой параллелью является экватор. При государственных координатах, выраженных в метрах, вертикальная линия, соответствующая определенному меридиану, называется осью ***X***-ов (иксов), горизонтальная линия, соответствующая экватору или какой-либо параллели, называется осью ***У***-ов (игреков).

При географических координатах принимается во внимание кривизна земной поверхности, при прямоугольных — земной шар разбивается на отдельные доли, похожие на трапеции, в которых вертикальная ось ***X***-ов проходит посередине. В этих трапециях между крайними меридианами 6°. На небольших участках земной поверхности, порядка 100 квадратных километров, этими трапециями можно пренебречь и считать их за прямоугольники с вертикальной осью Х-ов и горизонтальной осью У-ов. Искажение от кривизны земной поверхности при этом будет столь ничтожно, что никак не отразится на плане.

Помните, в начале книги я упоминал об апельсинной корке?



На такие отдельные куски можно разделить всю поверхность Земли. Ось X-ов соответствует меридианам 33°, 39°, 45°.

Если вы учитесь в VIII классе, вы знаете, что с помощью осей координат можно очень интересно строить графически, карандашом и линейкой, кривые и решать различные уравнения.

Прочитав это, математики скажут: «Позвольте, тут что-то не то!»

Да, в математике тоже есть прямоугольные координаты, но там ось Х-ов горизонтальна, а ось У-ов вертикальна.

Издавна между математиками и геодезистами идет спор.

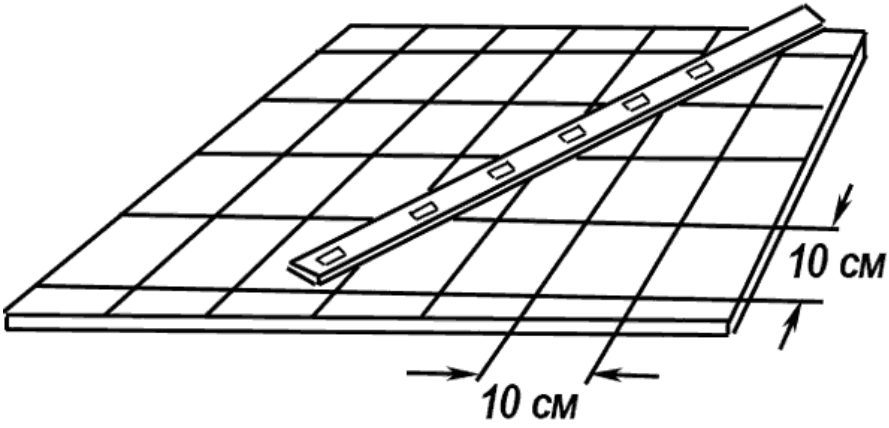
Геодезисты говорят: сама природа подсказывает, что ось Х-ов, от которой сперва откладываются расстояния, должна быть обязательно вертикальной. Ведь магнитная стрелка показывает на север, и линии меридиана всегда на картах чертятся сверху вниз. Поскольку книжка наша написана о геодезии, мы будем говорить о вертикальной оси ***Х***-ов и горизонтальной ***У***-ов.

Каждая точка на местности имеет свои координаты ***Х*** и ***У***; по карте мы их определили графически. С помощью вычислений от одной вершины к другой можно определить координаты и увязать цепочки треугольников, замкнутые многоугольники полигонометрических и теодолитных ходов. По вычисленным и увязанным координатам накладка пунктов обоснования на планшет производится и точнее и быстрее, чем по азимутам, как вы накладывали при съемке пионерского лагеря.

Для накладки надо разбить сетку координат. На картах она разбивается через 2 сантиметра, на планах масштаба 1 : 10 000 и крупнее — через 10 сантиметров.

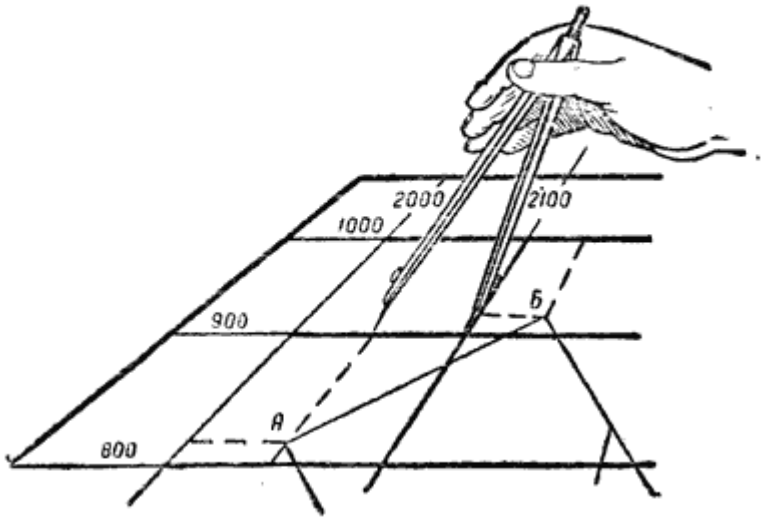
Существует очень остроумный и очень простой прибор — линейка Дробышева — для быстрой и точной разбивки на планшете координатной сетки. Это металлическая линейка, в которой через каждые 10 сантиметров прорезаны окошечки. На нижней стороне первого окошечка есть нолевая черточка, а нижние стороны пяти следующих окошечек представляют собой маленькие отрезки дуг с радиусом соответственно 10, 20, 30, 40 и 50 сантиметров, а вся длина линейки от нолевой черточки точно равна диагонали квадрата со сторонами 50 Х 50 сантиметров, то-есть:

$$\sqrt{50^2 + 50^2} = 70{,}711 \text{ сантиметра.}$$



Линейка Дробышева и разграфленный при ее помощи планшет.

Если сетка на планшете разбита совершенно идеально, неточность при накладке углов по координатам будет равна величине накола циркуля, то-есть 0,2 миллиметра. На рисунке, помещенном на стр. 136, видно, как производится накладка вершин замкнутого полигона.



Так накладывается на планшет точка А по координатам: X — = 818.43, V = 2040.25 (рис. со стр. 136 — V_E)

Разумеется, все размеры берутся циркулем-измерителем по поперечному масштабу.

Вы, очевидно, заметили, что я говорю то о геодезии, то о топографии.

В начале книги я вскользь упомянул о разнице между геодезией и топографией. Сейчас разберу этот вопрос подробнее.

Высшая геодезия принимает и разграфленный при ее помощи земную поверхность за сфероид[30]; геодезия и топография, имеющие дело со сравнительно небольшими участками, принимают ее за плоскость.

Геодезисты занимаются обоснованием съемки, триангуляцией, полигонометрическими и теодолитными ходами, разбивкой зданий и сооружений; топографы занимаются самой съемкой. Вычисляют геодезисты, рисуют планы в поле топографы.

В военном деле съемки зачастую производятся очень быстро, иногда глазомерно или простейшими приборами. Для производства таких съемок выработано много специальных приемов и способов, применяемых только для военных целей, и поэтому о военной топографии говорят как о специальной науке.

Очень часто одни и те же люди работают и за топографов и за геодезистов одними и теми же инструментами.

Выше и ниже

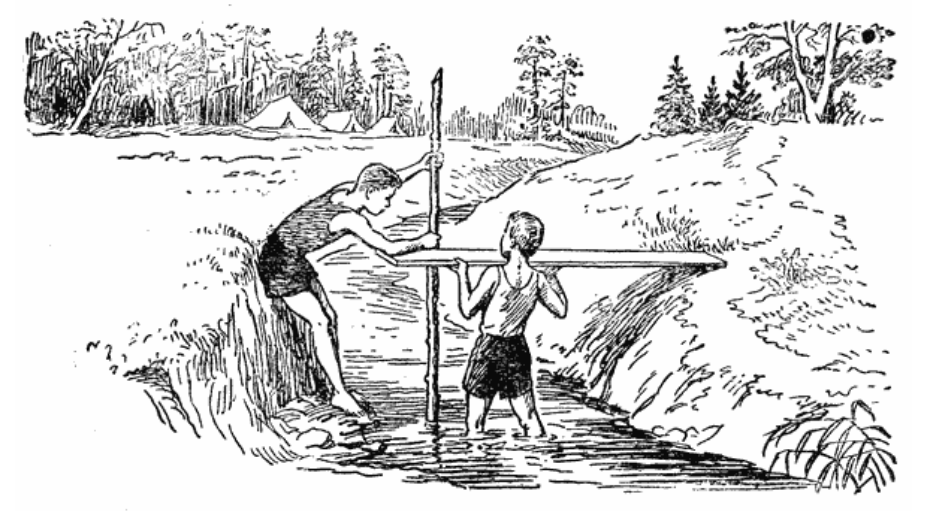
Определить высоту здания с точностью до сантиметра можно просто рулеткой или лентой, опустив ее с крыши.

В реке, если дно было достаточно твердое, вы в свое время мерили глубины довольно точно от горизонтальной поверхности воды.

Высоту крутого берега реки вы измерили с помощью вертикально поставленной вешки и горизонтально натянутой ленты рулетки, но эту горизонтальность вы определили на глаз.

Возьмем такой случай. В вашем же пионерском лагере вам понадобилось устроить мостик через ручей. Для забивки свай вам нужно узнать высоту берега ручья. Принесите длинную доску и шест.

Пусть один из вас войдет в ручей и, поставив шест на дно, держит его вертикально, а вы возьмите доску, положите один конец ее на берег, а другой конец начните медленно приподнимать до тех пор, пока доска не примет примерно горизонтальное положение. Тогда карандашом отметьте на шесте, где к нему прикасается доска.



Карандашом отметьте на шесте, где к нему прикасается доска.

Ясно, что высота берега над дном ручья равняется длине шеста от дна до доски.

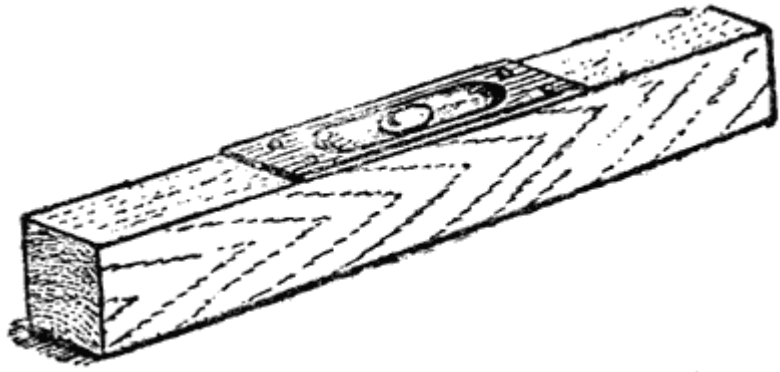
Из горизонтальной доски и вертикального шеста можно представить себе некую воображаемую ступеньку или прямоугольный треугольник.

Высота этой ступеньки, то-есть высота берега (меньший катет треугольника), называется **превышением берега** над дном ручья.

Конечно, все ваши измерения были не особенно тщательны — ведь горизонтальность доски вы определили на глаз; но для постройки мостика в пионерском лагере такая точность будет вполне достаточной.

На дорогах зачастую приходится сооружать мосты и мостики.

Когда каменщики приступают к строительству такого небольшого (4—6 метров длины) моста, им надо возвести каменные боковые стенки. Чтобы класть камни совершенно ровно и чтобы обе стенки были одинаковой высоты, употребляется плотничный уровень.

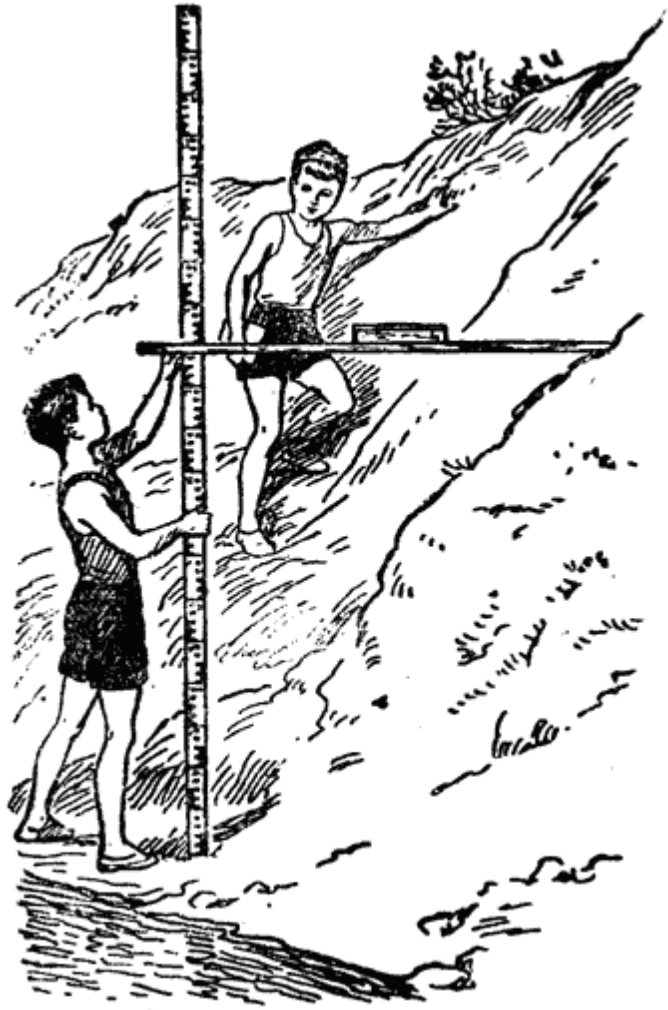


Плотничный уровень.

Это гладко выструганный деревянный брусок 30-40 сантиметров длины с вделанной в него слегка изогнутой стеклянной трубочкой, наполненной эфиром. В трубочке двигается уже знакомый вам пузырек безвоздушного пространства.

Нижняя плоскость бруска параллельна, воображаемой линии — хорде этой изогнутой трубочки, и, следовательно, когда пузырек уровня стоит посередине трубочки, эта нижняя плоскость горизонтальна.

Если бы у вас, когда вы узнавали превышение берега ручья над дном, был плотничный уровень, вы бы положили его на доску, а по рейке взяли бы отсчет, и результаты у вас получились бы более точные.



Производство ватерпасовки на крутом берегу реки.

Когда топографам надо узнать высоту крутого берега реки над водой, они нередко употребляют плотничный уровень. Ставят рейку вертикально, к ней приставляют горизонтальную дощечку, кладут на нее уровень и таким путем в несколько приемов несколькими ступеньками узнают превышение бровки берега над водой. Эта работа называется **ватерпасовкой**. Но таким путем можно измерять на небольших расстояниях. 20 метров — это максимум для плотничного уровня. Неровность плоскости бруска в 0,5 миллиметра на 20 метров дает ошибку в 3 сантиметра.

Знакомство с новым инструментом

Люди издавна заинтересовались вопросом, как узнать на сравнительно ровной местности, где выше, где ниже. Заинтересовались с тех пор, как начали проводить арыки и орошать участки земли. Если поверхность земли почти ровная, даже опытные поливальщики не смогут точно определить на глаз, в какую сторону имеется уклон, куда потечет вода.

Еще в древнем Египте был изобретен **хоробат** — прибор, состоящий из очень длинного, до 6 метров длины, деревянного жолоба, изготовленного из ствола бамбука, разрезанного вдоль. В этот жолоб наливалась вода. По уровню воды можно было устанавливать хоробат горизонтально. Очевидно, у него были какие-то приспособления для визирования. Нам известно, что с помощью этого прибора египтяне создали такое сложное гидротехническое сооружение, как оросительная система в долине Нижнего Нила, в том числе и громадное искусственное Меридское озеро, регулирующее сток воды.

Позднее для разрешения того же вопроса «выше — ниже» стали употреблять уровень, так или иначе усовершенствованный. Но соединить трубку уровня с зрительной трубой, имеющей сетку нитей, и соединить так, чтобы ось уровня была параллельна визирной оси трубы[31], придумали не больше ста лет назад. Так был изобретен **нивелир**[32] с трубой, или, как его теперь называют, просто нивелир. С помощью этого инструмента очень легко, быстро и точно можно узнать, на сколько одна точка выше другой при условии, что расстояние между этими точками не больше 200 метров и одна из них выше другой не более чем на 3-4 метра.

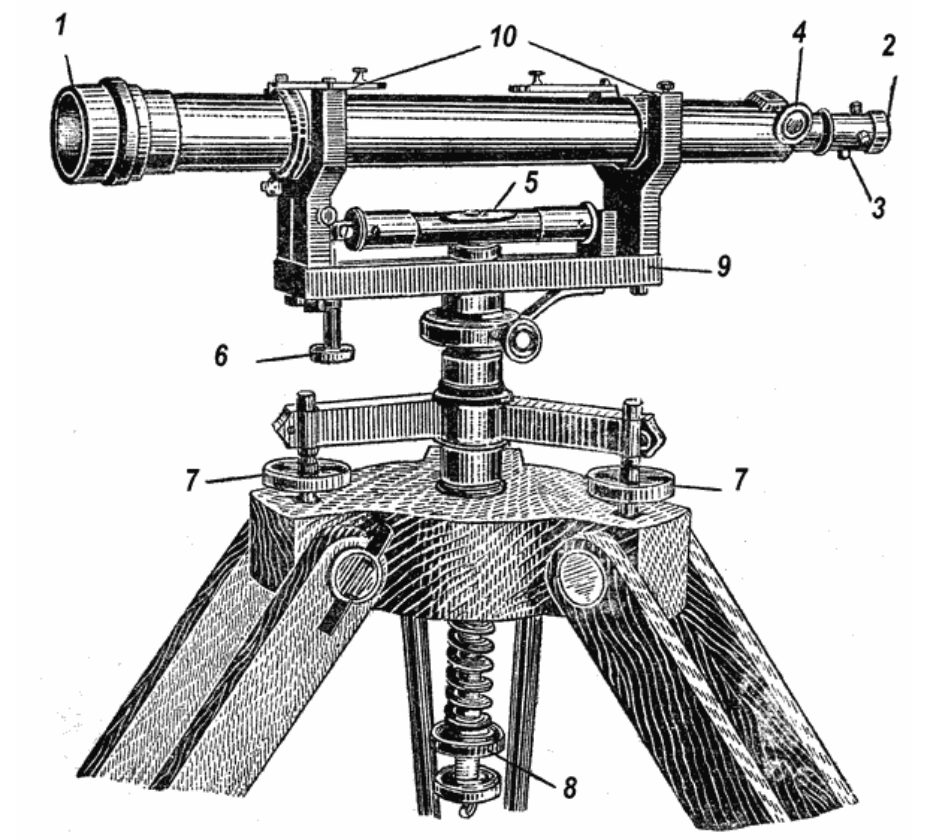
Сразу бросается в глаза длинная зрительная труба, значительно длиннее, чем у теодолита. Труба лежит на двух подставках, под которыми находится уровень, также гораздо больших размеров, чем плотничный и чем у теодолита, и, следовательно, более чувствительный.

Трубу можно легко брать с подставок и класть обратно. Подставки с уровнем держатся на специальном коромысле, которое свободно вращается в горизонтальной плоскости. Вот, собственно, и весь инструмент. Как и теодолит, он стоит на трех подъемных винтах и с помощью такого же большого станового винта с пружиной прикрепляется к массивной треноге.

Внутреннее устройство трубы такое же, как у теодолита; так же все видно вверх ногами, только нитей на сетке чаще нарезают две — крест-накрест.

Чтобы труба лежала горизонтально, нужно инструмент

установить. Раз уровень параллелен трубе, вся задача заключается в том, чтобы подогнать пузырек на середину уровня.



Нивелир с уровнем при подставке. 1 — объектив; 2 — окуляр; 3 — сетка; 4 — кремальера; 5 — уровень; 6 — исправительный винт уровня; 7 — подъемные винты; 8 — становой винт; 9 — подставка; 10 — цапфы.

Устанавливают нивелир так. Поставив инструмент более или менее горизонтально, поворачивают трубу параллельно двум подъемным винтам и начинают одновременно вертеть их в разные стороны, завинчивая один и вывинчивая другой. Этим самым один конец трубы с уровнем приподнимается, другой опускается. Пузырек уровня медленно выползает на середину. Когда он станет как раз в середине уровня[33], трубу поворачивают на 90°, пузырек, конечно, убегает, тогда вертят третий подъемный винт до тех пор, пока и по нему пузырек не станет на середину. Потом снова поворачивают трубу параллельно двум первым винтам и опять стараются подогнать пузырек уровня на середину.

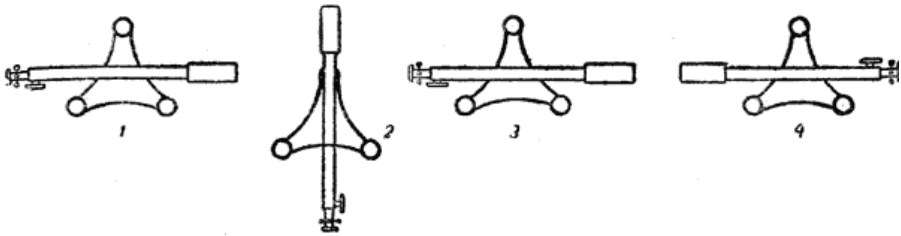


Схема установки нивелира (вид сверху).

Теперь у хорошего нивелира и у опытного геодезиста, куда бы труба ни повернулась, пузырек не должен сходить в сторону. Если при повороте трубы на 180° он все же сойдет, значит сама ось уровня почему-либо перестала быть горизонтальной[34]. Нивелир мог растрясти рабочий при переноске, а чаще всего это происходит от неравномерного нагревания частей инструмента солнечными лучами.

Тогда, чтобы исправить уровень, придется чуть-чуть повернуть специальный исправительный винт, который находится внизу у одного из концов уровня. Потом снова надо крутить то подъемные, то исправительный винты до тех пор, пока пузырек не будет оставаться неподвижным, куда бы вы ни поворачивали трубу.

Ежедневно перед началом работ инструмент надо выверять. Выверка касается подставок и сетки нитей. Надо с помощью маленьких винтиков все части инструмента подогнать так, чтобы все оси были параллельны или перпендикулярны между собой.

«Сколько же времени надо потратить, — спросите вы, — чтобы установить и выверить нивелир?» А он, кстати сказать, инструмент, во много раз более чувствительный, чем плотничный уровень.

В работе с нивелиром надо, что называется, «набить руку». Движения ваших рук и ног должны быть быстры, уверенны и совершенно автоматичны. Вы идете впереди рабочего-подносчика с одной трубой в руках; выбрали место; рабочий ставит и раздвигает треногу, вы кладете трубу на подставки, вдавливаете в землю одну и другую ножки треноги, подправляете третью. Когда инструмент стоит более или менее ровно, можно начинать вертеть подъемные винты и приводить уровень в горизонтальное положение.

За свою практику я убедился, что каждый геодезический

инструмент, а нивелир в особенности, имеет свой совершенно определенный характер, как будто это не инструмент, а живое существо.

Вот два новеньких нивелира. Они только что с завода, с виду совершенно одинаковые, а на деле оказывается: один — более «спокойный», «невозмутимый», даже «ленивый», а другой — «побойчее», но «с капризами».

Вы не смейтесь.

Один шофер уверял меня, что у каждой автомашины тоже свой «характер».

К «характеру» своего инструмента надо привыкнуть, надо, выражаясь языком техническим, освоить его и работу с ним.

Если вы освоите нивелир, вы его будете устанавливать три минуты, а со всеми поверками — пять минут.

А сколько огорчений причиняет начинающим геодезистам этот маленький блестящий пузырек уровня, когда они только начинают работать! Осторожно подводят его на середину, стараются даже не дышать, повернут трубу в сторону — а он опять скроется. Особенно капризен бывает нивелир в жаркую погоду, когда пузырек уменьшается до размеров горошины и при малейшем повороте инструмента устремляется к концу трубки. Впрочем, никакого греха не будет, если вы чуть-чуть подправите пузырек, слегка подкрутив один из подъемных винтов; но это можно делать при условии, что у вас нивелир хорошо выверен.

Когда-то мне пришлось работать в июльскую жару в Ашхабаде; пузырек уровня в моем нивелире совсем исчез, и чтобы он появился вновь, пришлось мочить платок водой и прикладывать его к раскаленной трубке.

В таких случаях инструмент предохраняется от солнца большим зонтом.

Ступеньки

Наконец, куда вы ни повернете трубу, пузырек неизменно стоит на середине уровня.

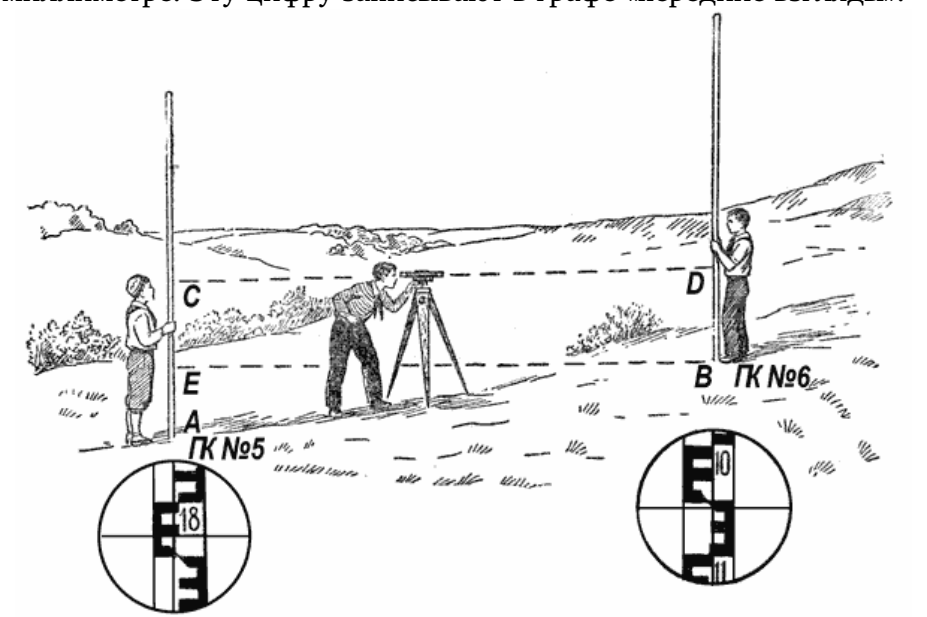
Это значит, что инструмент установлен, труба горизонтальна, можно начинать нивелировку.

В теодолите вы наводили вертикальную нить сетки на вешку, стоящую на угле, здесь вы наводите среднюю горизонтальную нить на рейку.

Рейка употребляется трех- или четырехметровая, с сантиметровыми шашками. Часто шашки нанесены на обеих сторонах доски: на одной — красные, на другой — черные. Для более быстрых отсчетов каждые начальные 5 сантиметров в

дециметре соединены вертикальной полоской — получается фигура вроде буквы Е. Сбоку нанесены цифры дециметров, причем эти цифры перевернуты (не забывайте, что в трубу все видно вверх ногами), чтобы, глядя в нивелир, можно было их легко прочитать.

Нивелир устанавливают примерно посередине между пикетами. Два человека с рейками становятся на точки пикетов (ни в коем случае не на сторожки). Трубу нивелира направляют на заднюю вешку пикета № 5. Вот что видно в круге (см. рисунок на этой странице): цифра 18 — это значит 18 дециметров, то-есть 1 метр 80 сантиметров, но крест сетки пришелся несколько ниже. Считают единицы сантиметров начиная сверху (ведь изображение перевернуто): раз, два, три. А миллиметры берут просто на глаз. Их будет примерно два. Всего получится 1832 миллиметра. Записывают эту цифру в специальном журнале, в графе «задние взгляды», потом поворачивают трубу и смотрят на переднюю рейку пикета № 6. Как видите, крест лежит на 1056-м миллиметре. Эту цифру записывают в графе «передние взгляды».



На сколько же пикет № 5 ниже пикета № 6? (Рис. на этой странице — v_E).

На сколько же пикет ***№ 5*** ниже пикета ***№ 6***? Линия визирования ***CD***, проходящая через трубу, строго горизонтальна. Проведем параллельно ей из точки пикета ***№ 6*** линию ***BE***. Теперь сразу стало ясно, что пикет ***№ 5*** ниже пикета ***№ 6*** на нижний

отрезок, на величину ***АЕ***.

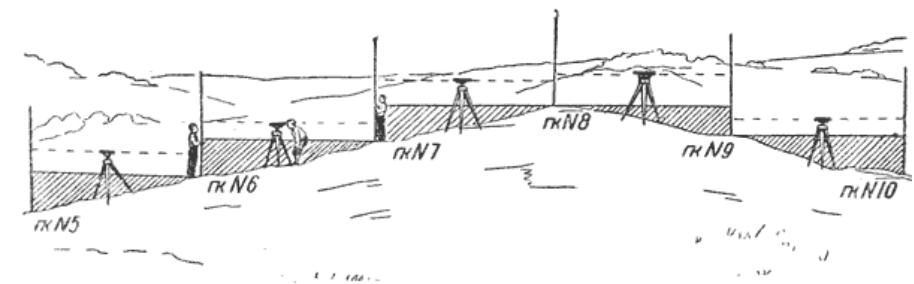
Но этот отрезок уже нам знаком — это маленький катет, высота такой же воображаемой ступеньки, как и в случае с ручьем, — мы ее называли превышением. Только горизонтальная линия визирования, то-есть ширина ступеньки, здесь гораздо больше — целых 100 метров. Таким образом, чтобы узнать превышение пикета ***№ 6*** над пикетом ***№ 5***, никак нельзя просто измерить высоту ступеньки. Эта высота, то-есть превышение, равняется **разнице** между показаниями обеих реек. Или, как говорят нивелировщики, взгляд назад (1832) минус взгляд вперед (1056) есть превышение ***АЕ*** (776).

Все эти цифры, разумеется, чисто случайны: так уж вы поставили ваш нивелир и на таких местах были забиты пикеты, что на рейках пришлись именно эти цифры.

А насколько пикет ***№ 5*** ниже или выше пикета ***№ 1000***? Расстояние между ними около 100 километров. Превышение между пикетами ***№ 5*** и ***№ 6*** известно. Надо узнать превышение между всеми другими пикетами по очереди.

Поднимаемся на следующую ступеньку.

Реечник с пикета ***№ 5*** переходит на пикет ***№ 7***. Рейка пикета ***№ 6*** теперь оказалась задней. Инструмент ставится между пикетами ***№ 6*** и ***№ 7***. Предположим, новые показания получились следующие: задний взгляд— 1547, передний—1231. Превышение, следовательно, равно +316 миллиметрам.



Образуется ряд ступенек разной высоты

Потом переставляют инструмент еще дальше, на третью ступеньку, между пикетами ***№ 7*** и ***№ 8***. Из помещенного здесь рисунка видно, что образуется ряд ступенек с разной высотой — целая лестница, которая дальше начинает спускаться вниз, под гору. Превышение тогда, получается со знаком минус (отсчет по передней рейке больше отсчета по задней).

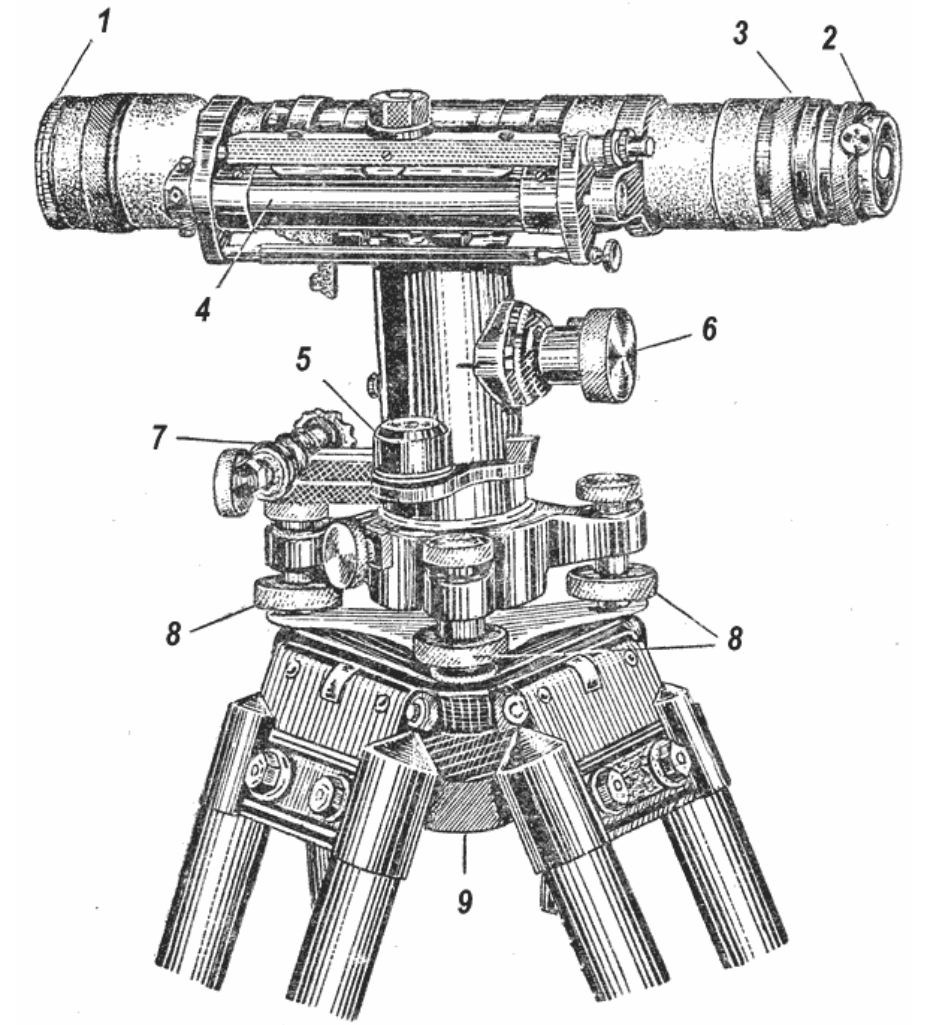
Таким образом, превышение пикета ***№ 5*** над пикетом ***№***

1000 равно **сумме** всех высот ступенек — всех превышений — со знаком плюс минус **сумма** всех превышений со знаком минус.

Так, передвигаясь 100-метровыми шагами по воображаемой лестнице то вверх, то вниз, советские инженеры прокладывают по пикетам любой трассы — железнодорожной, шоссейной, оросительного канала — непрерывную нивелирную цепь. При этом учитываются все неровности, встречающиеся по пути.

Ошибки большие и маленькие

Все это я вам рассказал о нивелировке технической и описал так называемый нивелир с уровнем при подставке. Но теперь такие инструменты больше не выпускаются: их постепенно вытесняют нивелиры **глухие**, в которых уровень спрятан глубоко в специальном кожухе и наглухо соединен с трубой.



Нивелир глухой: 1—объектив; 2 — окуляр; 3 — сетка; 4 — уровень; 5 — круглый уровень; 6 — закрепительный винт вращения трубы; 7 — микромв.?-ренный винт вращения трубы; 8 — подъемные винты; 9 — становой винт.

Поверять такие нивелиры несколько сложнее, но раз все части у него закрыты и жестко соединены между собой, эти поверки можно производить довольно редко. Зато устанавливать такие нивелиры гораздо проще и быстрее. У них благодаря системе призм и зеркал пузырек уровня виден в специальное отверстие возле окуляра, и вы можете одновременно правым глазом глядеть на рейку в трубу, а левым следить за пузырьком, при этом слегка подкручивая один из подъемных винтов, и когда пузырек будет медленно проползать через середину уровня, нужно моментально брать отсчет.

При обычном нивелировании можно ошибиться на 2-3 миллиметра на каждой стоянке инструмента, только надо устанавливать инструмент примерно посередине между пикетами. Ошибки эти неизбежны, но их нечего бояться. Практически эта неточность на толщину спички на расстоянии 100 метров не играет никакой роли, но самое главное — эти ошибки идут и в ту и в другую сторону и поэтому покрывают друг друга. Сумма ошибок (невязка) на 10 километров нивелирного хода обычно редко бывает больше 20 миллиметров.

Помню, когда я только начинал работать, я принес невязку в 4 миллиметра на 3 километра хода и был на седьмом небе от радости и гордости, считая такую невязку замечательным достижением техники, а оказалось, что это самая обычная невязка, которую разбрасывают по всем пикетам.

В математике существует теория ошибок, в которой такие покрывающие друг друга ошибки называются **случайными**.

Гораздо опаснее ошибки **систематические**, которые могут быть меньше случайных, но идут все время с одним знаком и постепенно накапливаются. Характерный пример систематической ошибки — измерение линий неправильной лентой.

Систематические ошибки зависят часто от недостатков самого инструмента. Ошибки случайные зависят от многих причин: пузырек уровня сошел немного в сторону; точка-колышек в земле шатается; реечник наклонил рейку; неточно оценивались на глаз миллиметры на рейке; наконец, труба на какую-то долю микрона не горизонтальна.

Большое искушение шагать с нивелиром через пикет, то-есть через 200 метров — цифры и шашки на рейке в трубу ведь

хорошо видны, — но с увеличением расстояния случайные ошибки увеличиваются.

Грубые ошибки, если их не заметишь, могут привести к неприятным последствиям. А при нивелировании ошибиться сразу и намного очень легко (5 сантиметров — это уже много).

Вот пример. Собирается дождик; хочется закончить работу поскорее: поспешил, посмотрел чересчур быстро в трубу; показалось, что на рейке 29 дециметров, а на самом деле нить «била» на 19, вот и ошибка на 10 дециметров — на целый метр.

Может быть и так. В день полагается проходить до 8 километров, приходится делать множество записей четырехзначных цифр; работа однообразная; посмотрел на заднюю рейку, на секунду внимание ослабло, и цифру записал в графе «передние взгляды». Выходит, опять ошибся.

А бывает, виноват и реечник. Ему кричат: «Станови скорее!» Реечник туда, сюда — нет точки, пропала, — и поставил рейку на сторожок. Техник спокойно навел трубу, записал цифру и перенес инструмент на другое место. А пока он его устанавливал, реечник нашел точку и, ничего не сказав, поставил на нее рейку. Техник вновь посмотрел в трубу, уже задним взглядом, записал новую цифру и пошел дальше. Он и не подозревал, что рейка была переставлена. А ведь непрерывная цепь взглядов оборвалась, и получилась ошибка на высоту сторожка.

Ошибки нивелировщика могут привести к тяжелым последствиям. Например, выкопали канал, а вода по нему не потекла. Почему? Оказывается, где-то нивелировщик неверно записал цифру и во-время этого не заметил.

Гарин-Михайловский в своей книге «Инженеры» упоминает, как один нивелировщик на строительстве железной дороги ошибся на целую сажень, то-есть на 2,13 метра, и это заметили, когда сомкнули два соседних участка. Поезд на такую ступеньку ведь не прыгнет.

Раз так легко напутать, полагается каждый ход проверять два раза — туда и обратно — или, еще лучше, поручать каждую работу двум нивелировщикам с двумя разными инструментами. Если ход — замкнутый круг, полагается возвращаться к той точке, откуда была начата работа. Понятно, что тогда сумма всех превышений, положительных и отрицательных, теоретически должна быть равна нулю.

Значит, контроль дважды, даже трижды контроль, контроль везде, контроль постоянный и при нивелировке, да и вообще при геодезии совершенно обязателен. Без контрольных измерений топографы и геодезисты не имеют права работать. Вот почему так важно четко и аккуратно вести все записи в журнале.

«Людям свойственно ошибаться» — такова древнеримская, весьма пессимистическая поговорка. К топографам и геодезистам эти слова никак не подходят.

А если все-таки топограф ошибется?

Существует старинная русская пословица: «Семь раз отмерь, один раз отрежь». Вот эта пословица и является основным правилом геодезистов и топографов.

Разбивается здание. Кажется, что тут трудного — отмерили рулеткой 10 метров, и всё. Где тут можно ошибиться? А от того ли колышка вы отмерили? А в ту ли сторону вы направили рулетку? А когда начнут строить дом и увидят, что он поставлен наискось, что тогда делать?

Отмерьте свои 10 метров, а от полученной точки отмерьте контрольное расстояние до другой точки, да постарайтесь привязаться еще к третьей, да как-нибудь наискосок, да проверьте диагонали прямоугольника, да высчитайте по теореме Пифагора, какой должна быть их длина теоретически.

Благодаря контролю грубая ошибка всегда будет найдена и исправлена.

Какие огромные убытки могла бы принести ошибка геодезиста, скажем, если бы штольни при строительстве метро не встретились друг с другом, а прошли мимо!

Сперва спускается в шахту один геодезист со своими инструментами, производит необходимые, подчас очень сложные, измерения; потом спускается другой, также со своими инструментами, и проделывает ту же работу; потом они передают свои журналы двум вычислителям, а третий проверяет вычисления. Тут уже будет полная гарантия, что ошибок нет и штольни сойдутся во всех трех измерениях с точностью до сантиметра.

Когда геодезист ведет съемку, он обязательно замыкает все свои хода обоснования и по координатам вычисляет невязку. Если невязка получится недопустимая, он не успокаивается до тех пор, пока не найдет ошибку. Сперва он ищет ее в вычислениях: при четырех действиях арифметики ошибиться гораздо легче, чем при полевых измерениях. Если же он ошибку не найдет, значит надо искать ее в поле.

В замкнутом полигоне углы увязались, а линии не увязались — значит, ошибка скрывается в одной из линий. Чаще всего так оно и бывает. Случаются ошибки и грубые.

Если грубая ошибка одна — скажем, в одной линии не хватает 20 метров, — найти ее, как правило, очень легко. Но если грубых ошибок несколько — например, линии измерены правильно, а в одном углу геодезист сперва ошибся на 1° в одну

сторону, а в другом углу — на 1° в противоположную сторону, — линии и показали что-то не то. Такую ошибку отыскать трудно: геодезист будет по три раза перемерять все линии и не скоро догадается искать ее в углах.

Интересный случай произошел на практике с двумя студентами — Костей М. и Шурой С. Им было дано задание: выяснить, где легче провести оросительный канал — по левому или правому пути.

Для этого они должны были пронивелировать оба направления. Расстояние до конечной точки равнялось 5 километрам.

Первым в начальный пункт приехал со своими рабочими Костя. Это была крайняя улица города. Он увидел деревянный дом на кирпичном фундаменте:

— Вот отсюда и начну.

И Костя поставил рабочего с задней рейкой на угол цоколя фундамента этого дома. Переднюю рейку он послал на пикет по пути будущего канала.

Шура что-то запаздывал, и Костя прикрепил на сторожке первого пикета записку:

«Шура, я начал с крайнего по ходу угла цоколя дома А. Дружинниковой. К.».

Оставив записку, Костя отправился с нивелиром по своему пути. Через десять минут приехал Шура, увидел записку, оглянулся по сторонам, и на одном из домов ему попалась на глаза дощечка: «Дружинникова».

— Ага, Дружинникова! Крайний угол цоколя фундамента. Что же он, хотя бы карандашом на кирпиче крестик поставил... Ну ладно, — обратился Шура к рабочему, — ставь рейку на самый угол.

К вечеру оба студента встретились в конечном пункте на дне оврага, приехали вместе домой, поужинали и засели считать превышения.

Цоколь дома Дружинниковой был выше дна оврага на определенное число метров, каким путем ни иди. А у студентов получилось так: у Шуры оказалось 8,325 метра, у Кости — 10,711 метра. Прикинули вновь на счетах. Нет, не видно, где напутали. Стало быть, ошибка произошла в поле, и большая ошибка — больше 2 метров. Кто же был виноват? Втайне каждый надеялся, что не он.

Пришлось на следующий день начинать работу сызнова. И на этот раз Костя со своими рабочими приехал раньше.

Вечером стали считать, и опять оказалась ошибка на 2,379 метра. Что за штука! Накануне ошиблись только на 7

миллиметров больше! Сравнили отдельные превышения между пикетами. Они примерно сходились, но возле города получалось что-то не то.

— Ага, нашли, по крайней мере, место ошибки!

Следующий день был выходной, и поэтому студенты поехали только вдвоем. Один из них должен был смотреть в нивелир, другой — держать рейку. Приехали на место.

— Шура, да ты куда идешь? — закричал Костя.

— Как — куда? К дому Дружинниковой.

— Да вот же он!

— Как — здесь? А это что?

Посмотрели, и оказалось два дома двух сестер Дружинниковых — Акулины Егоровны и Антонины Егоровны.

Вот где ошибка скрывалась! Шура начал нивелировку от Антонины, а Костя — от Акулины.

— А я-то удивлялся, что ты угол цоколя карандашом не отметил! — говорил Шура

Прикинули нивелиром, на сколько один цоколь выше другого. Вышло — 2,388 метра.

— Какая точность! — воскликнул Шура. — На десяти километрах меньше сантиметра невязки!

— А мы-то старались, искали ошибку! — сказал Костя и стал складывать инструмент в ящик.

От Балтийского моря по всему СССР

В Кронштадте издавна существует водомерный пост, на котором ведутся наблюдения за уровнем Балтийского моря. Всякий реечный водомерный пост представляет собой рейку с делениями, прибитую где-либо над водой. Рейки эти очень похожи на нивелировочные, только цифры на них поставлены нормально, а не вверх ногами.

Оказывается, ноль на рейке Кронштадтского водомерного поста очень важен. От этого ноля, как от условного среднего уровня Балтийского моря, берут свое начало все нивелировки в СССР. Добрая половина нашей страны покрыта густой сетью ходов государственного нивелирования.

Каждая точка на местности может быть сравнена с уровнем Балтийского моря — для этого надо проложить нивелирный ход.

Число, на которое данная точка будет выше или ниже этого уровня, называется **абсолютной отметкой** этой точки.

Отметка уровня Каспийского моря — минус 28, отметка Саракамышской впадины в Туркменской ССР — минус 44. Отметки в равнинной части СССР колеблются от плюс 50 до плюс

200 метров.

Чаще всего хода государственного нивелирования идут вдоль железных и шоссейных дорог. По ходам через 3, 5, 10 километров устанавливаются прочные постоянные знаки, называемые **реперами**. Каждый репер имеет свой номер и свою абсолютную отметку.

Репера бывают разного типа — стенные и грунтовые. Это может быть вделанная в стену дома круглая чугунная марка с номером и дырочкой посередине, или со специальной полочкой для установки рейки, или закопанный на глубину 2,5 метра и забетонированный отрезок рельса.

Каждое учреждение, производящее изыскательские работы, обязано вести их в абсолютных отметках. Геодезисты, когда выезжают на место, узнают, где поблизости находятся такие репера и марки государственного нивелирования, чтобы от них начать нивелировку (привязаться к ним). В процессе работы они ставят свои репера — куски железной трубы или отрезки металлических стержней, — закопанные на глубину 2,0-2,5 метра и забетонированные, или деревянные столбы со специальной полочкой. При случае пользуются цоколем фундамента каменного здания.

Метал. марка
ГГГУ
3011
Метал. стенной репер
ГГГУ
Груновой репер
Бетон

Марка государственного нивелирования, стенной и бетонный репера.

Когда начинается строительство, нивелировки ведутся от реперов изыскателей. Все дороги, шоссейные и железные, выстроены на определенных отметках. Так же точно отметки полов всех больших строящихся зданий, отметки дна каналов, осушительных и оросительных, вычисляются заранее.

Различные виды реперов, которые ставят изыскатели.

Реперов гораздо больше, чем вы думаете, только они ставятся в укромных местах. Если вы живете в городе, присмотритесь внимательно к домам, и вы обязательно найдете хотя бы один стенной репер с номером, вделанный в фундамент.

На севере и в глухих местах Сибири и Средней Азии, где нет реперов государственного нивелирования, отметки на строительствах считают от своих реперов. Такие не связанные с уровнем Балтийского моря отметки называются **условными**.

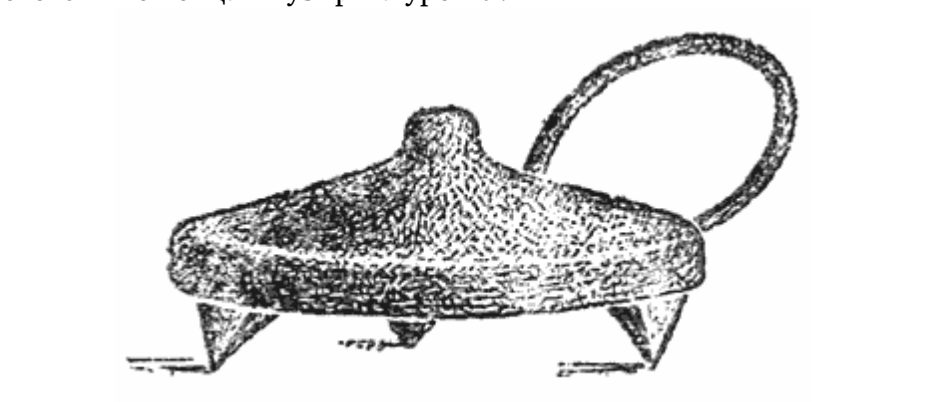
Вот это точность!

В нивелировке технической на каждой стоянке, то-есть на 100-150 метров, разрешается ошибаться до 3 миллиметров. При государственном нивелировании ошибка не должна превышать 1 миллиметра на 1000 метров.

Такое точное нивелирование называется **прецизионным**. Как же достигается такая точность?

Прецизионное нивелирование мало чем отличается от

технического; инструменты и рейки применяются более совершенной конструкции, и соблюдается целый ряд правил и предосторожностей, которыми при обычной нивелировке пренебрегают. Например: оба расстояния до реек должны быть совершенно одинаковы и не превышать 75 метров; визирная линия должна приходиться на рейке не ниже чем на 0,5 метра; в дневные часы, когда нагретый солнцем воздух колеблется и струится, нивелировать нельзя; работать можно только от восхода солнца до 8-9 часов утра и от 17 часов до захода. Простым глазом колебание воздуха среди дня заметно лишь в самую сильную жару, но в зрительную трубу оно хорошо видно и очень мешает брать отсчеты по рейке. Рейки ставятся не на колышки, а на специальные переносные чугунные «башмаки». Чтобы рейку можно было установить прямо, при ней имеется круглый уровень. Вместо двух отсчетов на каждой стоянке берется двенадцать по обеим сторонам реек и по трем нитям, да вдобавок еще берутся отсчеты по концам пузырька уровня.



Башмак для прецизионного нивелирования.

Строители-железнодорожники могут удовлетвориться ошибкой в 1 сантиметр на 1 километр. Строители каналов, гидростанций, плотин, туннелей метро требуют уже большей точности.

Например, при строительстве московского метро геодезисты — «подземные штурманы» — на участке длиной в 1 километр, между станциями «Арбатская» и «Смоленская», так точно вели свои измерения, что при сбойке туннеля дали отклонение всего на 2 миллиметра.

Тут уж без прецизионного нивелирования не обойдешься.

На осушительных работах в Белоруссии, где местность очень

ровная, эти сантиметры и миллиметры дна канала особенно важны; важны они и на строительстве каждой большой плотины: лишний сантиметр в высоте ее гребня — это лишние гектары затопленной площади.

Когда возводятся наши грандиозные сооружения — плотины, гидроэлектростанции, высотные здания, — происходит их осадка: с огромной тяжестью они давят на грунт и очень медленно сами опускаются. На сколько они садятся, зависит от свойств грунта. Сперва эти осадки сравнительно велики, а потом постепенно затухают. Такая осадка вполне естественна и нисколько не опасна, если она происходит равномерно, но если одна сторона, скажем, шлюза садится больше, происходит перекос, который может привести к аварии шлюза.

Чтобы во-время заметить такой перекос и вообще чтобы определить размер осадки, во всех больших сооружениях в разных их частях ставят по нескольку реперов, а в стороне закапывают в землю постоянные бетонные репера. Время от времени нивелировщики ведут прецизионное нивелирование, сравнивая отметку этого постоянного репера с реперами на сооружениях, и определяют миллиметры осадки.

Как еще можно нивелировать

На ровной местности нивелирование идет сравнительно быстро — со скоростью до 15 километров в день. Если линия поднимается в гору, приходится ставить нивелир очень часто, иначе горизонтальный луч будет проходить выше задней рейки и упираться в землю, не доходя до передней. На каждой стоянке нивелира при трехметровых рейках можно подняться самое большее на 2,7-2,8 метра.

Значит, чтобы подняться с нивелиром на Эльбрус, надо потратить очень много времени. Но никто этим не занимался.

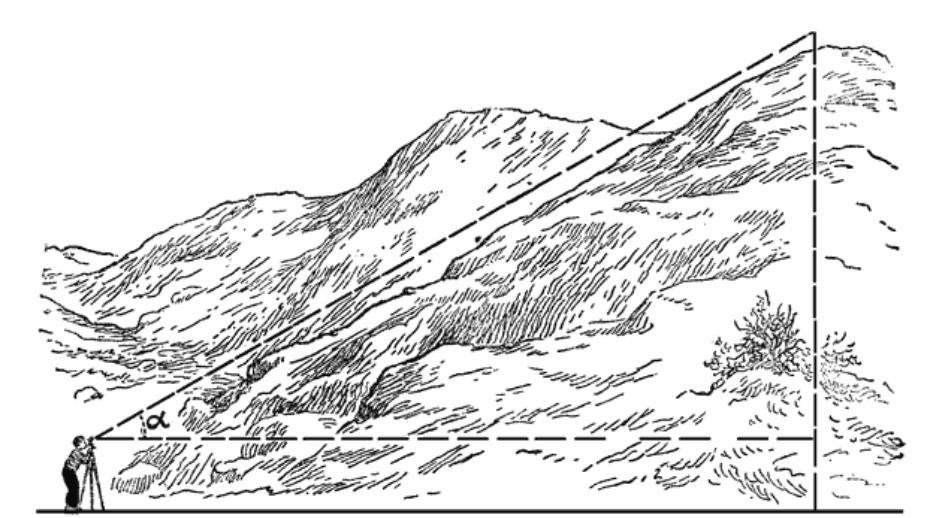
Чтобы за четверть часа измерить и высчитать превышение до точки, отстоящей от вас за 30 километров, существует нивелирование **геодезическое**.

Помните, как можно определить теодолитом угол наклона при измерении линий, идущих в гору?

Если направить наклонный луч теодолита на вершину горы и отсчитать угол по вертикальному кругу теодолита, то можно узнать, насколько гора выше точки стояния инструмента; разумеется, если расстояние до этой горы известно (чаще всего оно узнается способом засечек).

Определить высоту горы по приводимой на **стр. 191** таблице нельзя — приходится вносить три поправки: на кривизну земной

поверхности, на так называемую рефракцию, то-есть на отклонение визирного луча в атмосфере, и на высоту самого инструмента.



Производство геодезического нивелирования.

Геодезическое нивелирование обычно употребляется при триангуляциях, когда теодолит наводится на стерженек наверху соседнего сигнала.

Геодезическое нивелирование наклонным лучом никогда не может сравниться с нивелированием лучом горизонтальным, так как теоретическая поправка на рефракцию в атмосфере может не соответствовать действительному отклонению луча, да и ошибка в определении угла наклона в 1"-2" на 20-30 километров даст существенную величину.

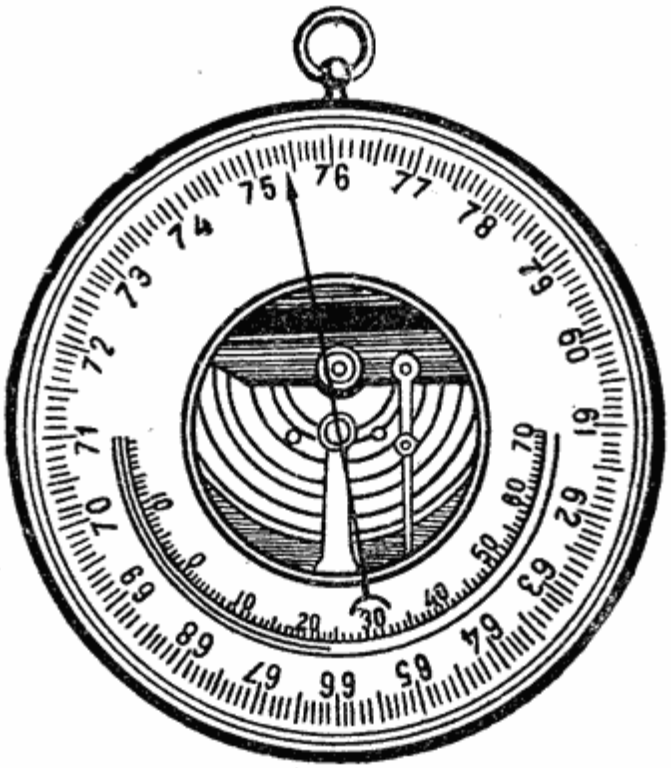
Альпинисты, поднявшись на вершину горы, узнают ее высоту с точностью до нескольких метров барометрическим нивелированием.

Альпинисты оставляют один барометр на своей базе, абсолютная отметка которой известна, а другой барометр берут с собой. В определенные часы записываются показания обоих барометров, затем путем вычислений узнают по разнице показаний обоих барометров абсолютную отметку вершины горы.

В прежнее время путешественники всегда брали с собой барометры и по ним узнавали примерную высоту тех мест, по которым они проходили, сравнивая показания барометра с данными ближайшей метеорологической станции. А ведь эта станция могла находиться очень далеко, и погода там могла быть

совершенно иная.

В. К. Арсеньев, перечисляя свои инструменты, упоминает и о барометре-анероиде, которым он постоянно пользовался.



Барометр-анероид.

Для примерного определения абсолютных отметок в глухих, необжитых районах нашей страны, куда государственное нивелирование еще не успело дойти, барометр совершенно незаменим.

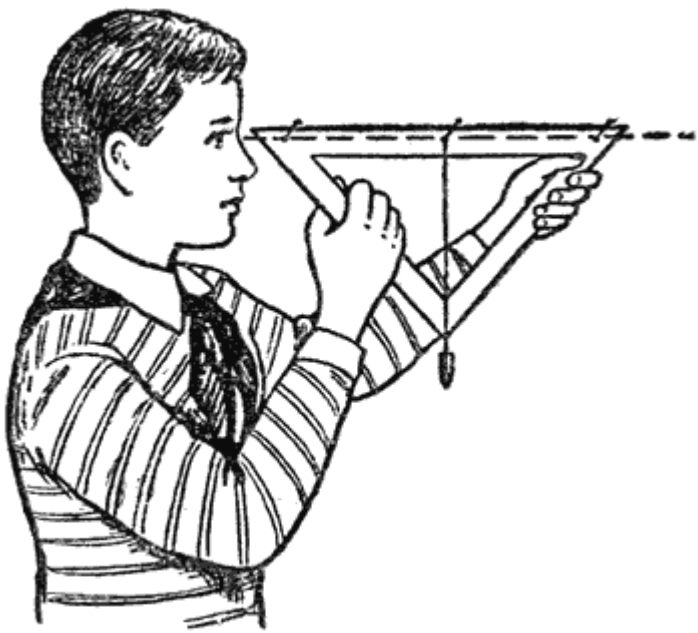
Самодельные нивелиры

Возможно, вы заинтересовались нивелировкой и подумываете о том, чтобы соорудить самим какой-либо прибор для определения на местности, где выше и где ниже.

Должен вам сказать, что с самодельными нивелирами можно решать на местности много интересных задач и принести большую пользу не только вашей школе или пионерскому лагерю, но и колхозу. И чем точнее и чувствительнее будет ваш прибор,

тем более широкие возможности откроются перед вами.

Шестиметровый бамбуковый хоробат явно не годится: он слишком громоздок. Самый простой прибор — это ватерпас (см. рисунок на стр. 156). Это равносторонний прямоугольный треугольник, сколоченный из трех обструганных дощечек. Точно против центра гипотенузы забит гвоздь, на котором висит отвес. Когда отвес совмещается с вершиной прямого угла, гипотенуза будет совершенно горизонтальна. Воткните у ее концов на равном расстоянии от ребра две булавки для визирования, и ватерпас готов.



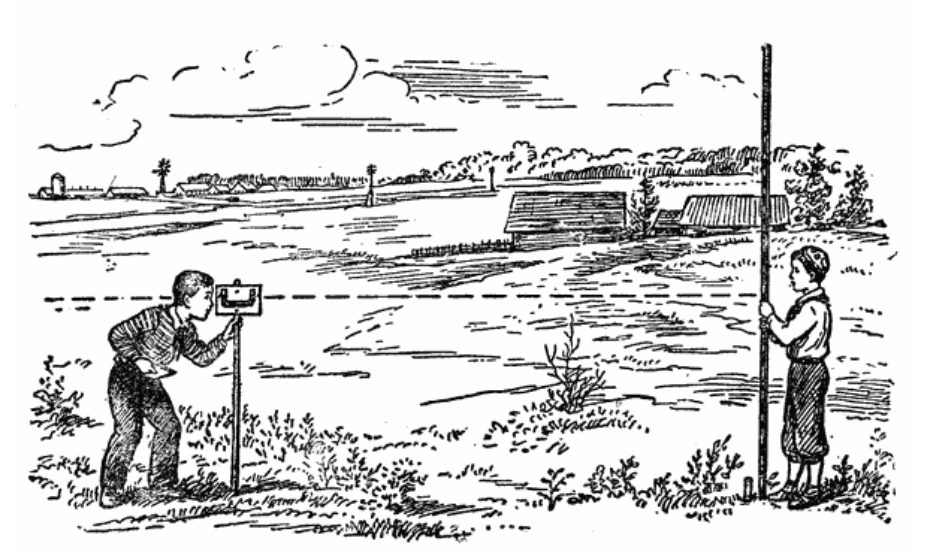
Ватерпас.

Предлагаю вам другой прибор, более сложный, — водяной нивелир. Он был известен еще в XVII веке.

Изготовляется он так. Возьмите тонкую стеклянную трубочку длиной не менее 50 сантиметров; на огне свечи, спиртовки или керосиновой лампы нагрейте оба ее конца и быстро согните под прямым углом в виде буквы П, затем с помощью проволочных скобочек прикрепите трубочку к узкой дощечке. В концы дощечки воткните по булавке так, чтобы оба расстояния от каждой булавки до соответствующего колена трубочки были совершенно

одинаковыми.

На дощечку у обоих концов трубочки приклейте по ленточке бумаги с нанесенными через 2 миллиметра делениями, начинающимися от булавок. К дощечке прикрепите палку длиной 1,2 метра, с заостренным концом. Короче говоря, сделайте прибор, как указано на рисунке на стр. 157.



Водяной нивелир и работа с ним. (рис. со стр. 157 —V_E)

Устройство водяного нивелира основано на принципе сообщающихся сосудов. Налейте в трубочку воды, слегка подкрашенной чернилами. Когда уровень воды в обоих концах трубочки достигнет одних и тех же делений, линия булавок будет горизонтальна.

Изготовьте две рейки. Обстругайте тонкие дощечки длиной 3 и шириной 0,08 метра и покройте одну сторону их белой масляной краской. Для нанесения делений изготовьте из ватманской бумаги специальный трафарет сразу на целый дециметр, вырезав бритвой сантиметровые окошки (через сантиметр).

Разметьте на рейках дециметры и начинайте аккуратно накладывать трафарет и красить шашки масляной краской: первый метр — красной, второй — черной, третий — снова красной. Набирать краску советую маленькими порциями и не кистью, а мизинцем; осторожно.трите им по окошку трафарета, и краска у вас никогда не подтечет.

Для цифр дециметров тоже заготовьте специальные

трафареты, только не накладывайте их вверх ногами.

Во время работы с самодельным нивелиром ставьте его посередине между пикетами и, желательно, в створе обеих реек, чтобы во время визирования не двигать прибор.

Пятьдесят метров — это предельное расстояние до реек. Так как нивелировщик плохо видит цифры и шашки, отсчеты по рейкам берут сами реечники. Нивелировщик наблюдает и дает сигналы рукой: «вверх», «вниз», а реечник медленно водит карандашом вдоль шашек до тех пор, пока нивелировщик не крикнет ему: «Стоп!» Тогда реечник останавливает карандаш и берет отсчет.

Более точный самодельный нивелир можно изготовить из плотничного уровня, прикрепив к нему приспособления для визирования и поставив на устойчивую опору.

Я не буду подробно описывать тот прибор, с которым пришлось работать мне самому, и только подскажу, в каком направлении должна пойти ваша изобретательская мысль.

Булавки для визирования не годятся: они слишком грубы. Я закреплял на боковой грани уровня картонные диоптры с горизонтально прорезанной щелью (глазной диоптр) и с горизонтально приклеенным волоском (предметный диоптр).

Палка как опора слишком неустойчива. Я ставил уровень просто на табуретку, но тогда слишком долго приходилось устанавливать прибор, подкладывая под один из концов уровня палочки или бумажки. Попробуйте приспособить треногу от фотоаппарата.

Визирная линия, проходящая через диоптры, должна быть параллельна оси уровня. При изготовлении нивелира вы должны этого добиться, иначе весь ваш прибор никуда не будет годен.

Сначала закрепите диоптры по линии, параллельной верхней грани уровня. Установите нивелир точно на равном расстоянии между двумя кольями ***№ 1*** и ***№ 2***. Поставив рейку сперва на кол ***№ 1***, потом на кол ***№ 2***, определите превышение между ними. Предположим, кол **№ 1** оказался на 870 миллиметров выше. Переставьте нивелир метров на 10-15 ближе к колу ***№ 1*** и возьмите на него отсчет. Пусть он будет равен 1540 миллиметрам. Значит, отсчет по рейке на колу ***№ 2*** должен быть на 870 миллиметров больше, то-есть 2410 миллиметров, а на самом деле он получился 2450 миллиметров. Тогда осторожно отклейте волосок и закрепите его так, чтобы нивелир показывал средний отсчет, то-есть 2430 миллиметров.

Вам придется несколько раз повторить перестановку нивелира — то посреди между обоими кольями, то ближе к колу № 1 — и несколько раз переклеивать волосок, пока не добьетесь

того, что куда бы вы ни ставили нивелир, превышения между обоими кольями будут изменяться в пределах сантиметра.

Теоретически нивелировку вы знаете, инструмент у вас поверен, можете выходить с ним в поле или к реке.

Попробуйте, например, составить полный поперечный профиль через долину вашей реки.

Сперва разбейте пикетаж начиная от реки в обе стороны. Кроме пикетов, забивайте также плюсовые колья на подошвах и вершинах горок, на дне и краях мелких ложбин, на ступеньках террас.

Ставьте свой нивелир поочередно между пикетами, берите отсчеты по рейкам, а потом начертите профиль. За исходную отметку берите уровень воды в реке. Условно эту отметку примите за 100.000.

Сейчас в колхозах сооружается много прудов. Вашу реку собираются перегородить плотиной высотой в 3 метра. На каком протяжении вдоль русла реки вода выйдет из берегов? Иначе говоря, какой длины будет водохранилище? Для этого надо определить **уклон** реки, то-есть узнать, чему равно падение воды на километр расстояния.

Промерьте участок реки протяжением километр и через каждые 100 метров на берегу забейте пикеты — сторожки и точки — так, чтобы макушки точек как раз касались поверхности воды.

Так как уровень воды в реке в течение дня колеблется, забейте точки по возможности одновременно. Проведите нивелирный ход между всеми пикетами. Узнав падение воды на километр, вы сможете подсчитать длину будущего водохранилища.

Предупреждаю: если вода в вашей реке течет медленно, значит уклон невелик, и, возможно, вы не обнаружите его своим самодельным нивелиром.

При сооружении плотины вы сможете подсчитать также и объем будущего пруда.

Через каждые 10-20 метров проведите через долину с помощью нивелира и рулетки между обеими границами затопления поперечники, отмечая кольями все перегибы местности, и составьте затем профили. Подсчитав площадь затопляемой части каждого профиля и перемножив на расстояния между соседними поперечниками, вы примерно узнаете, сколько воды будет держать ваш пруд.

Пронивелировав такой же поперечник по оси будущей плотины, вы узнаете ее длину и ее высоту в каждой точке, а зная ширину плотины у подошвы и у гребня, вы сможете подсчитать, сколько нужно кубометров земли, чтобы насыпать всю плотину.

Колья на этом поперечнике ставьте не реже, чем через 10 метров.

С помощью нивелира можно узнать уклон осушительных каналов, уклон шоссе, можно проверить кладку кирпичной стены и т. п.

В вашем пионерском лагере, вероятно, найдется какое-либо применение для этого прибора. Например, с помощью него можно спланировать волейбольную площадку.

Установите прибор возле площадки и ставьте рейки поочередно на всех углах и в двух-трех точках посередине. Отсчеты по рейкам на всех точках должны быть одинаковы. Если какой-либо отсчет окажется больше среднего, значит в этом месте надо землю подсыпать, если меньше — ее надо выбрать. А на сколько подсыпать или выбрать, покажут отсчеты по рейкам.

Вот еще задача с самодельным нивелиром.

Невдалеке от вашей школы есть болотце, которое нужно осушить. В какую сторону провести канаву и на какую глубину ее копать?

Если на глаз заметно, куда местность имеет уклон, тогда вопрос решается просто и выкопать канаву, пожалуй, можно и без нивелира. Но если местность ровная или имеется небольшое возвышение, а потом идет овраг, тогда без нивелира не обойдешься.

Сперва наметим линию — трассу — и разобьем по ней пикетаж. Забивайте колья — сторожки и точки, пикеты и плюсы — через 20 метров. Трасса может идти и совсем прямо, а может и с поворотами — для стока воды это совершенно безразлично.

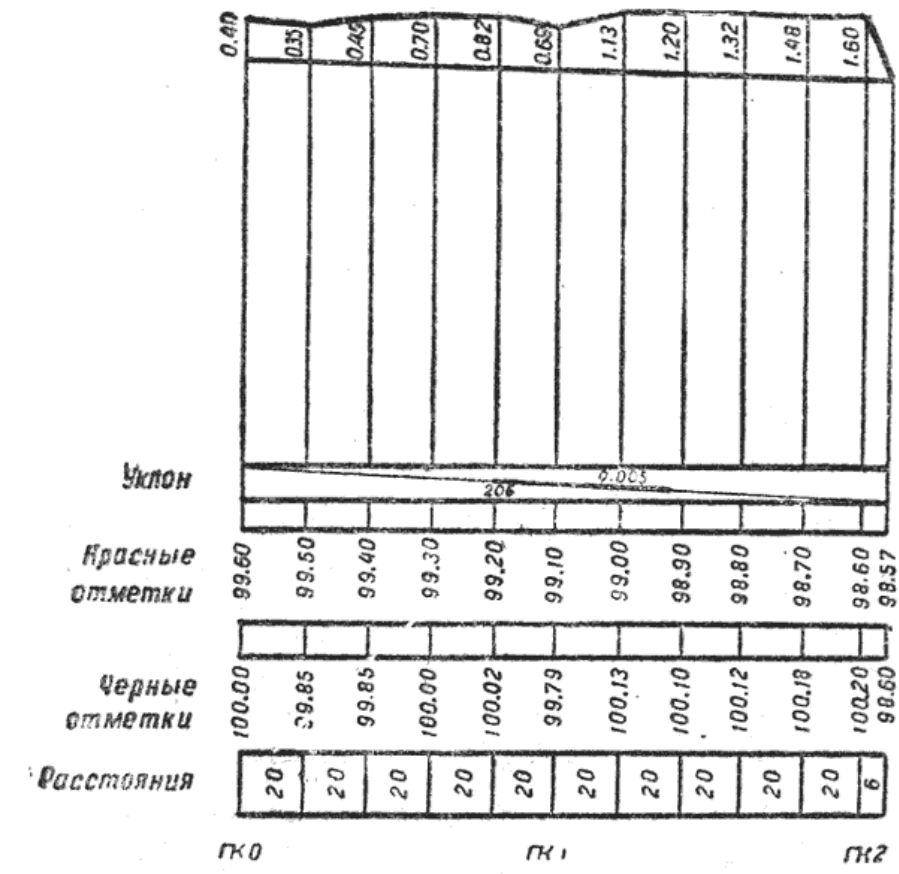
Канаву длиннее 150-200 метров не намечайте, так как вырыть ее вам будет трудновато.

При 200-метровой трассе нивелир достаточно поставить два раза: сперва между пикетом 0 и пикетом 1, затем между пикетом 1 и пикетом 2. Рейка ставится поочередно на все колья — пикет 0, +20, +40, +60, +80, пикет 1, — затем, после перестановки нивелира, снова на пикет 1 и на все колья дальше.

Отметку пикета 0 вы условно принимаете за 100.000, а отметки других кольев у вас получатся согласно отсчетам по рейке. Формулу превышений мы немного изменим: отметка передней точки (любого колышка) равна отметке задней точки (пикета 0) плюс взгляд на заднюю точку минус взгляд на переднюю. Например: на пикет 0 отсчет получился 1630, на кол +20— 1780, на пикет 1 — 1840. Значит, отметка кола +20 равна 100.000 + 1630 — 1780 = 99.850, а отметка пикета 1 равна 100.000 + 1630— 1840 = 99.790. Далее, когда вы переставляете нивелир, взгляд назад у вас будет на пикет 1 и от его отметки вы и поведете вычисления.

Теперь начертите профиль. Полученные у вас цифры пишите в графе «черные отметки»; последнюю цифру миллиметров, как не имеющую практического значения, отбрасывайте.

Но ведь вам нужны отметки дна будущей канавы. Эти проектные отметки называются **красными**. Первую отметку на пикете 0 вы дадите очень легко, она зависит от глубины вашего болотца. Предположим, глубина эта равна 0,40 метра, тогда красная отметка пикета 0 будет 99.60. Далее, вам надо задать определенный уклон дна будущей канавы, чтобы вода потекла. Уклон выражается в так называемых тысячных, то-есть в количестве метров на километр, уклон в 10 тысячных означает 10 метров на километр.



Продольный профиль канавы.

Минимальный уклон, при котором потечет вода по вашей канаве, равен 3 тысячным, то-есть 3 метра на километр. Но как бы

вас не подвела неточность вашего инструмента! Давайте лучше зададим уклон в 5 тысячных, то-есть 50 сантиметров на 100 метров, или 10 сантиметров на 20 метров. Красные отметки всех следующих колышков будут уменьшаться на 10 сантиметров: +20 составит 99.50; +40 составит 99.40 и т. д.

Вычитая из черных отметок красные на каждом плюсе, вы узнаете, где и на какую глубину следует копать канаву.

Если вы примете ширину канавы по дну в 20 сантиметров, а крутизну откоса в 45°, вам нетрудно будет подсчитать ширину канавы по верху.

Прежде чем начинать копать канаву, в обе стороны от каждого плюса маленькими колышками отметьте вычисленную вами ее ширину, и тогда канава у вас получится совершенно прямой.

Неровности местности

С помощью нивелира и ленты изыскатели узнают, где выше и где ниже по одной линии. Этого достаточно для строительства железных и шоссейных дорог, для копки каналов, но только на сравнительно ровной местности. Если канал широкий, если железная дорога проходит в горах, нужна съемка полосы определенной ширины.

Для строительства будущего завода или для реконструкции существующего завода проектировщикам в первую очередь нужно знать, где выше и где ниже местность по всей площади. Больше всего они обращают внимание на неровности местности на **рельеф**.

По заснятому плану крупного масштаба — 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 — проектировщики устанавливают не только где, но и на каких отметках поставить здания, на каких отметках проложить дороги, водопроводную и канализационную сеть, где грунт срезать, где, наоборот, подсыпать.

При осушении болот, при орошении полей по заснятому плану проектировщики смотрят, где выше, где ниже, в какую сторону потечет вода, и намечают сеть каналов.

Когда производятся изыскания для какой-либо стройки, топографы особенно тщательно заснимают именно рельеф. Подробный план местности с точно заснятым рельефом необходим, чтобы наиболее продуманно разместить на бумаге все сооружения, заранее подсчитать объем земляных работ.

В военной топографии рельеф местности имеет важнейшее значение.

В сущности, весь подчас сложнейший рельеф, все неровности

местности можно подразделить на пять видов, в зависимости от того, куда и откуда течет вода:

1. Вода с данной точки стекает во все четыре стороны. Это будет **гора**, холм, бугор (в зависимости от размеров). У горы различают вершину, склоны и подошву. Острая вершина называется пиком.

2. Вода с двух сторон притекает и в две противоположные вытекает. Это будет **седловина** между двумя вершинами. Отсюда в горной местности начинаются боковые долины, идущие в разные стороны. Здесь через горные перевалы проходят дороги.

3. Вода со всех четырех сторон стекает в данную точку. Это будет **котловина**, яма, впадина. У котловины различают дно, стенки и края.

4. Вода с трех сторон притекает, а в четвертую вытекает. В зависимости от размеров и крутизны склонов это будет **лощина**, овраг, ущелье, балка, долина, лог, ложбина. У лощины различают два ската и тальвег, то-есть линию на дне лощины, по которой течет вода. Большая, широкая лощина называется долиной, а чересчур узкая — оврагом, ущельем, балкой.

5. Вода с одной стороны притекает и в три другие вытекает. Это будет **хребет**, отрог, ребро, увал, гряда. Хребет состоит из двух скатов и водораздельного гребня. Скаты могут быть

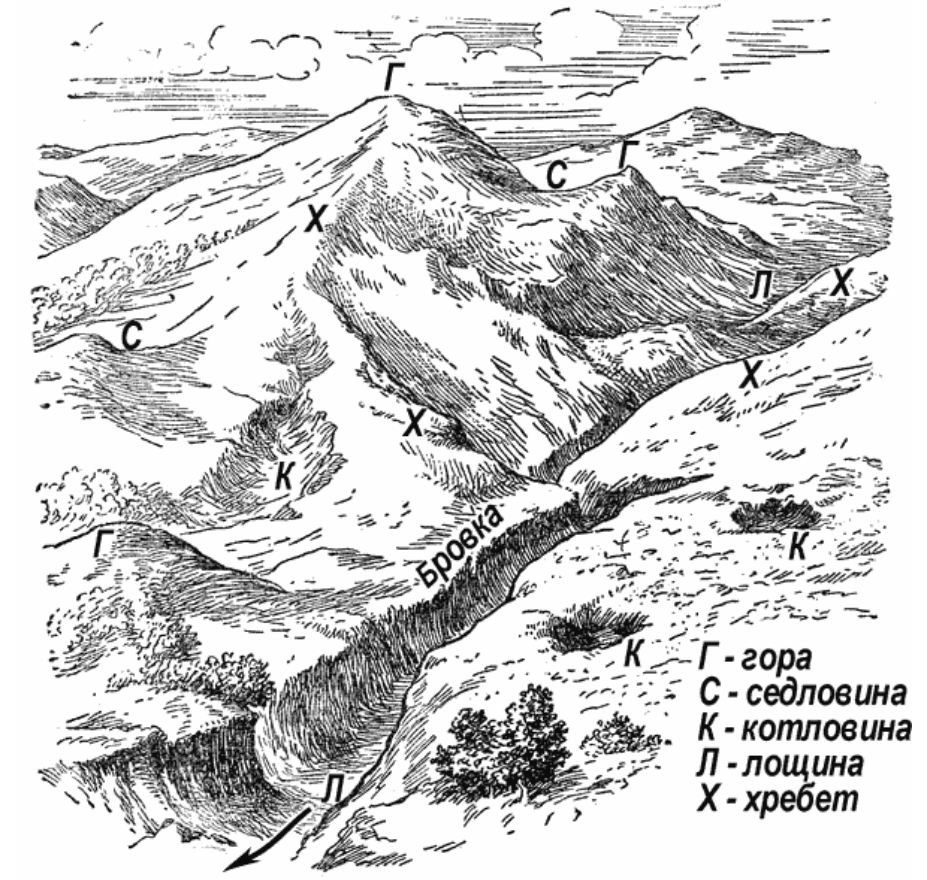
более крутые и более отлогие. От главного хребта отходят боковые отроги.

В горах эти пять видов рельефа ярко выражены. Есть они и на ровной местности, хотя на глаз и незаметны: их можно выявить только с помощью нивелира. Уж на что кажутся ровными кубанские степи, а все равно и там вода всегда имеет куда-нибудь сток.

Склоны могут быть крутыми, пологими, обрывистыми или ступенчатыми.

Склон очень крутой называют обрывом, а ступенька — резкий переход от пологого склона к пониженному, но более крутому, — называется **террасой** или уступом. Линия этого перехода называется бровкой.

В долинах рек бывает много стариц, логов, мелких бугров и гряд.



Пять видов рельефа. (рис. на стр. 162 — V_E)

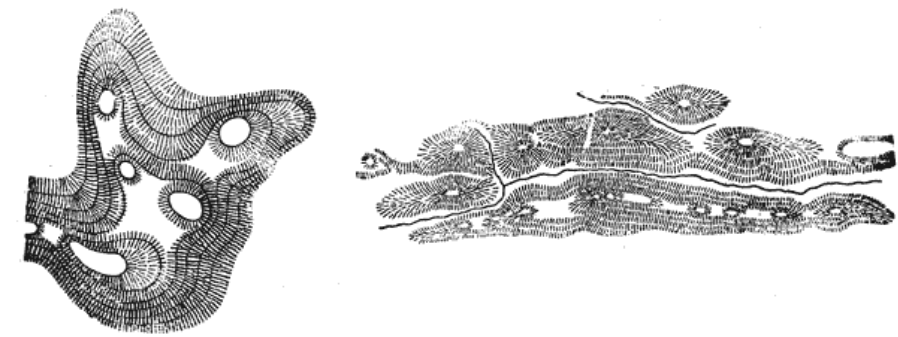
Такая местность называется **микрорельефом**. Топографы очень не любят снимать микрорельеф: с ним всегда бывает много возни, а когда местность топкая и заросшая лозняком — тем более.

Хорошо бы вам организовать экскурсию в ближайшую лощину или овраг для изучения рельефа. Обратите внимание на мелкие боковые лощины, поднимитесь на соседний холм, сравните местность вблизи вас и на противоположном склоне. Иногда склон спускается круто, иногда, наоборот, он совсем пологий, и все равно во всем многообразии рельефа вы легко отыщете все его пять основных форм.

Как рисуется рельеф

Вернемся к рисунку, помещенному на стр. 162. Смотрите, как разнообразен этот рельеф с оврагами, горами и хребтами. Как же изобразить эту местность на плане, чтобы легко можно было все понять?

Раньше изображали рельеф штрихами, которые чертили перпендикулярно склону. Чем круче был склон, тем чаще и толще ставили штрихи. Но штрихи затемняли карту, да и проводить их было очень кропотливое занятие. В наше время перешли на изображение рельефа способом **горизонталей**.



Изображение рельефа штрихами.

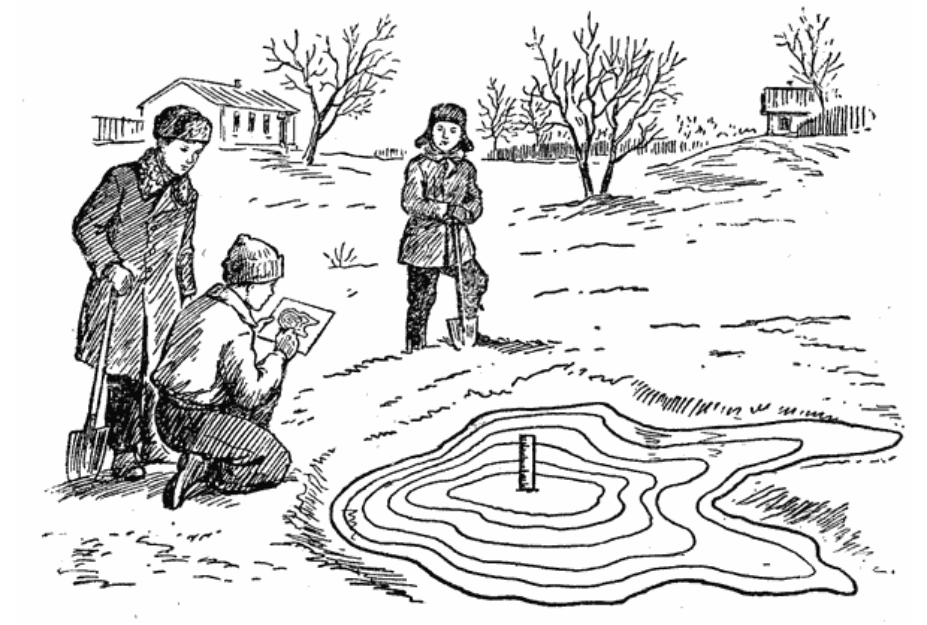
Что же такое горизонтали?

Весной, когда тает снег и везде текут ручьи, ребята любят строить запруды.

Возьмите обыкновенную линейку, разделенную на сантиметры, карандаш и бумагу и подойдите к запруженному ручью.

Когда ребята построили плотину, пруд начал медленно заполниться водой. Воткните линейку в его дно. Уровень воды поднялся до 1 сантиметра; зарисуйте на глаз план маленького круглого пруда; потом подождите, пока вода поднимется до 2 сантиметров, и снова зарисуйте пруд; он получился больше. По мере подъема уровня воды пруд принимает все новые и новые очертания.

Так на рисунке у вас получится шесть (одна внутри другой) фигур неправильной формы, показывающих уровень воды в прудике через каждый сантиметр.

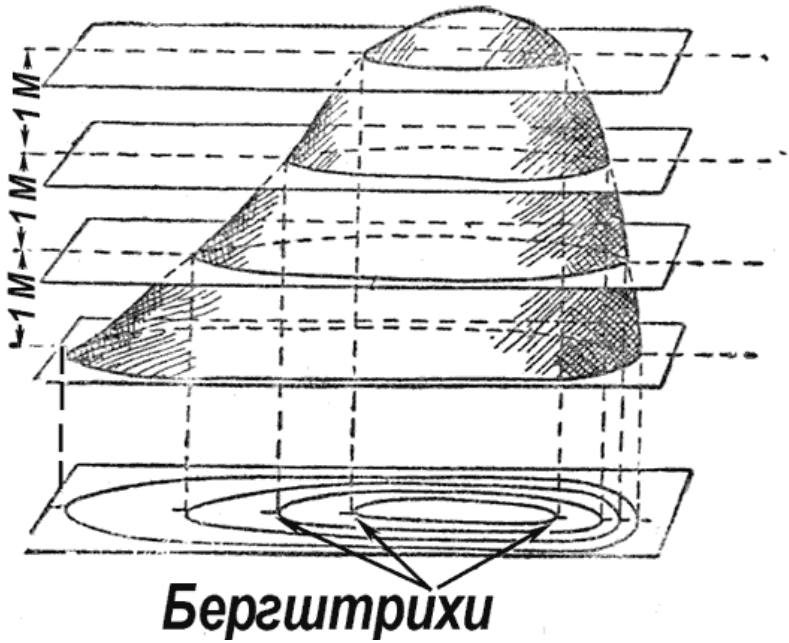


На рисунке получилось шесть фигур неправильной формы.

Рассмотрите внимательнее рисунок. Понятно, что самое глубокое место — яма — находится внутри первого, самого маленького, овала. Заметьте, где склон был крут, линии совсем сблизились друг с другом, и наоборот: по сторонам, где было ровнее, расстояния между соседними линиями получились больше.

Этими нигде не пересекающимися линиями соединяются точки, которые находятся на одном и том же уровне. Отметки их **одинаковы** — значит, эти линии совершенно горизонтальны. Поэтому они и называются **горизонталями**.

Представьте себе гору, которая через каждый метр разрезана горизонтальными плоскостями (см. рисунок на стр. 166). В разрезе получаются овалы; самый маленький овал будет от вершины горы. Если эту разрезанную гору перенести на план, овалы обратятся в горизонтали одна в другой. Не правда ли, это похоже на пруд, но только как раз наоборот — там самый маленький овал изображал дно котловины.



Гора, разрезанная горизонтальными плоскостями.

Обратите внимание: чем круче склоны горы, тем ближе сходятся горизонтали. Таким образом, по горизонталям можно судить не только о характере рельефа, но и о крутизне склона.

В гористой и холмистой местности рельеф очень сложен. Тянутся длинные хребты гор с отдельными выдающимися вершинами, между хребтами извиваются долины и лощины. Горы очень редко бывают правильными и ровными, как насыпанный человеком курган; они всегда изрезаны оврагами, между которыми выдаются в долины отдельные отроги. Если гористую местность разрезать рядом горизонтальных плоскостей, то горизонтали получатся очень извилистыми; но все равно в них всегда можно выделить пять основных форм рельефа: вершину, лощину, ребро, котловину, седло.

В случае с прудиком у вас горизонтали были проведены через сантиметр; на планах их проводят: при крупномасштабных съемках — через 0,25, 0,5 метра или через 1,0 метр; при съемках масштаба 1 : 50 000 и мельче — через 10-20 метров.

Когда знакомятся с рельефом на карте, прежде всего интересуются, каково его сечение, то-есть через сколько метров проведены горизонтали.

Раз горизонтали соединяют точки с одинаковыми отметками, они и называются по этим отметкам. Горизонтали, в отличие от ситуации, чертят коричневой краской и для большей наглядности каждую четвертую, или пятую, или десятую проводят более жирной линией. Иногда, особенно при микрорельефе, чтобы яснее показать характер неровностей, бывает необходимо провести вспомогательные горизонтали на половинной высоте, принятой для основных горизонталей; в таких случаях они чертятся пунктирными линиями.

Чтобы яснее читать план и карту в горизонталях, кое-где ставят маленькие черточки по направлению ската — **бергштрихи**. По бергштрихам сразу можно отличить гору от котловины, отрог — от долины. Затем, также по направлению ската, надписывают горизонтали (поэтому иногда цифры ставятся вверх ногами); наконец, кое-где выписывают отметки пикетов и пунктов обоснования.

«Нет, в этих планах и картах не сразу поймешь, где бугры и где низины, откуда и куда течет вода», — скажете вы.

Ну, тут уж ничего не поделаешь. Когда план в горизонталях видишь первый раз, невольно путаешься в этих извилистых линиях и плохо видишь и понимаешь все многообразие рельефа.

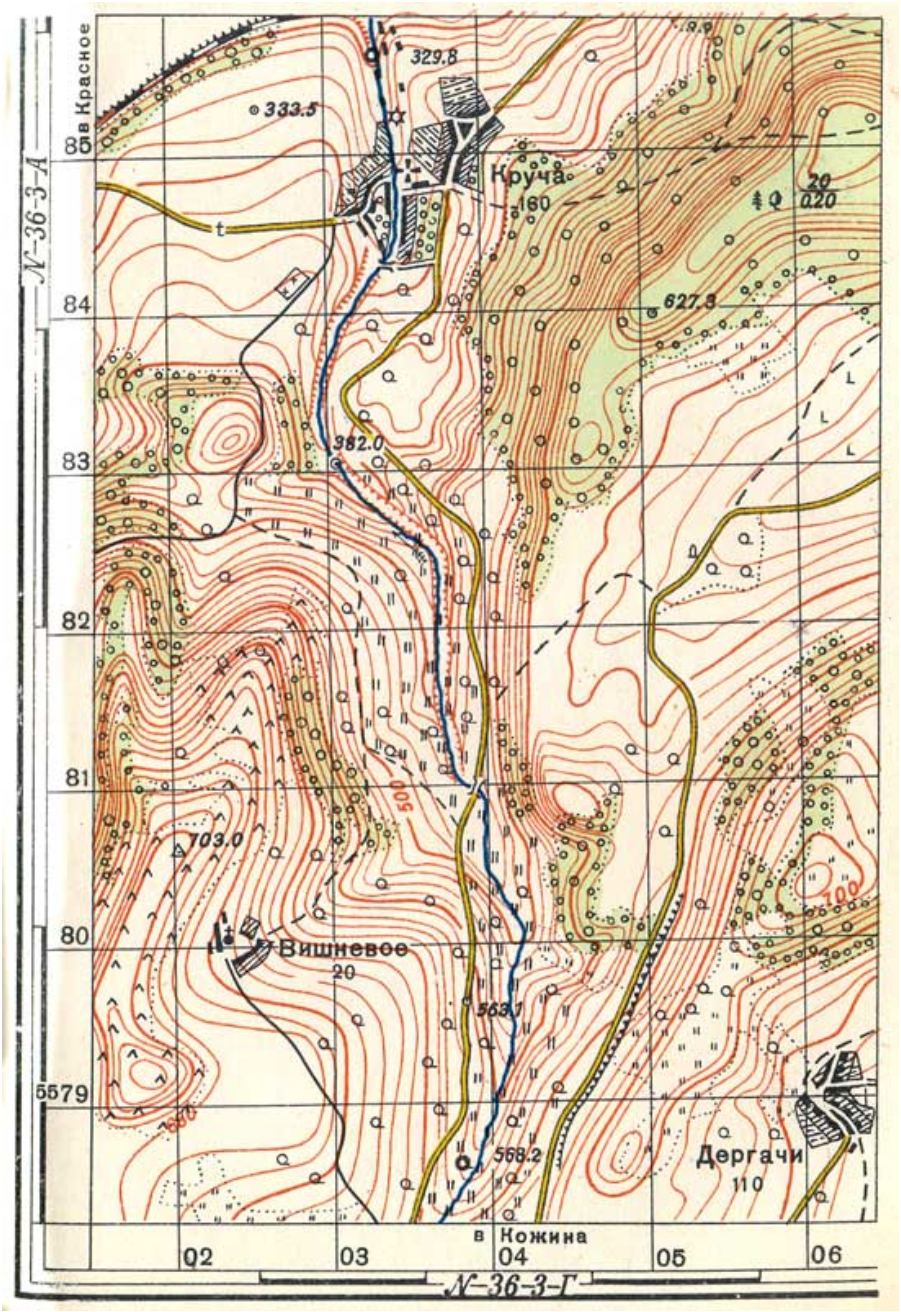
Чтобы научиться правильно читать план и карту в горизонталях, нужна прежде всего практика.

Карта и как ею пользоваться

Интереснее всего читать карту не в комнате, сидя за столом, а во время туристского похода, когда идешь по дороге, изредка останавливаешься, сравниваешь карту с местностью. Вы угадываете названия окрестных деревень, узнаете, что скоро будет река и мостик, а за мостиком дорога повернет и будет подниматься в гору. По карте вы легко можете измерить расстояние до ближайшей деревни, до реки, до развилки дорог.

Зачастую в руках туристов бывают не сами карты, а выкопировки с них в виде длинных ленточек намеченного маршрута. Этими ленточками гораздо удобнее пользоваться, потому что они более компактны и не мнутся; только вы не узнаете названий деревень, находящихся в стороне от вашего маршрута.

Давайте все же внимательнее рассмотрим карту, которая помещена в нашей книжке между стр. 168 и 169.



Образец карты масштаба 1 : 50 000 (рис. между стр. 168 и 169 — V_E).

По числам координат, проставленным на полях через 2 сантиметра, вы узнаете, что масштаб этой карты 1 : 50 000. Север,

как вам известно, находится вверху карты, юг — внизу.

Чтобы легче искать то место на карте, о котором я буду рассказывать, разбивают ее всю на нумерованные квадраты, которые лежат выше горизонтальных линий координат и правее вертикальных. Так, например, отметка 339.5, лежит в квадрате 85-02.

Вот деревня Круча, через которую проходят две улучшенные грунтовые дороги. Число 160 под названием деревни означает количество дворов. Число 20 в квадрате 84-06 и рядом елочка и лиственное деревцо говорят о том, что этот лес смешанный, деревья в среднем 20 метров высоты, и толщина их на уровне груди равна 20 сантиметрам. Коричневые зубчики около ручья показывают такие крутые склоны, что горизонталями их нельзя начертить — они сольются. Черные зубчики в квадрате 79-04 показывают, что тут склон не естественный, а искусственный — откос у дороги. Концентрические круги в квадрате 83-02 означают гору, а не яму, хотя никаких бергштрихов тут не нарисовано. Это и так ясно, потому что вблизи находится ручей, который течет по более низкой местности. Квадрат 82-04 представляет собой водораздел — седло удлиненной формы, откуда на запад и на восток местность понижается, а на север и на юг повышается. Изгибы горизонталей в квадрате 80-03 показывают боковой овраг; таких оврагов можно на карте найти несколько.

Дорога в квадратах 82-03 и 83-03 пересекает на коротком промежутке двенадцать горизонталей, и, следовательно, она тут поднимается очень круто — на целых 120 метров. Что горизонтали проведены через 10 метров, можно догадаться, рассматривая их в разных частях карты и сопоставляя их с отметками, например сосчитав количество горизонталей между цифрой 500 (квадрат 80-03) и пунктом триангуляции 703.0 (квадрат 80-02). Зная, что сечение горизонталей равно 10 метрам, нетрудно приблизительно определить отметки любой точки на карте. Например, отметка одинокой могилы в квадрате 82-05 равна примерно 525, отметка бугра в квадрате 80-04 будет немногим более 600.

Расстояние между деревнями Круча и Вишневое можно узнать с помощью циркуля-измерителя, прошагав его ножками по извилистой проселочной дороге. Чем меньше вы возьмете раствор циркуля, тем точнее измерите расстояние. Помните, что один сантиметр этой карты равен 500 метрам на местности.

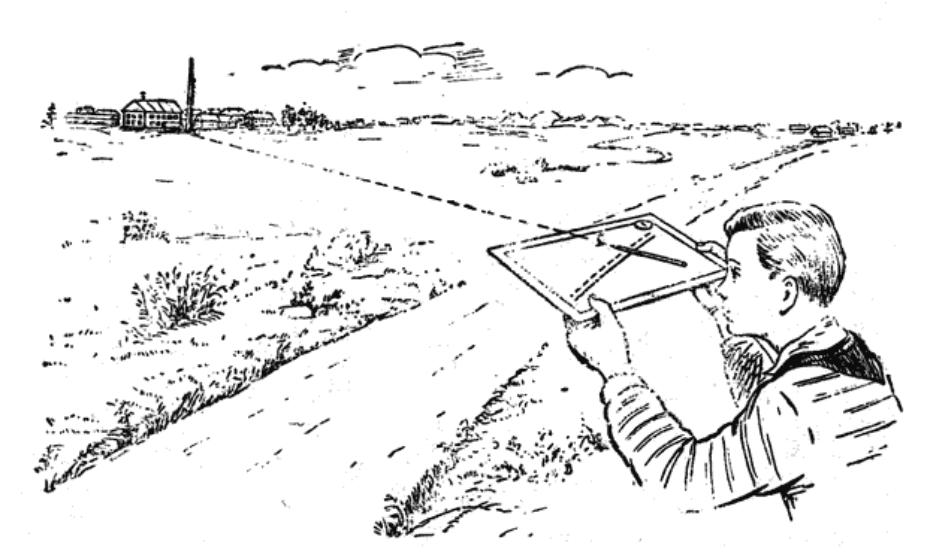
Во время туристских походов по карте или по маршрутной ленте всегда можно узнать, где находишься, или, как говорится, можно **ориентироваться**. Для вас будет достаточно,

если вы отметите на карте ту точку, на которой стоите, с точностью до 2-3 миллиметров.

Держите карту горизонтально, поверните ее так, чтобы все линии на ней были параллельны соответствующим линиям на местности. Если вы идете по прямой дороге, сделать это очень просто, только проверьте направление дороги по другим боковым местным признакам, а то вы можете ошибиться как раз на 180°. Если вы находитесь в стороне от дороги, можно повернуть карту и по компасу, зная, что вертикальные линии на карте соответствуют истинному меридиану. Магнитное склонение вы во внимание не принимайте.

Когда карта у вас повернута (ориентирована) по местности, определить на глаз точку своего стояния очень легко, если вокруг есть несколько ориентиров и характерных форм рельефа. Если вы идете по дороге, определите на глаз расстояние до ближайшего ее поворота, до развилки, до моста и сообразите, где находитесь.

Можно узнать свое местонахождение с помощью обратной засечки. Поверните карту вдоль дороги, как указано на рисунке, найдите в стороне от дороги характерный ориентир, например фабричную трубу, приложите карандаш к изображению трубы на карте и, не двигая карты, начинайте поворачивать карандаш вокруг этого условного знака до тех пор, пока он не будет показывать как раз на трубу. Где карандаш пересечет изображение дороги, там и окажется та точка, на которой вы стоите.



Как узнать, где находишься, с помощью обратной засечки.

Если вы находитесь в стороне от дорог, точку вашего стояния можно определить по известному вам способу Болотова (см. стр. 94)[{7}], найдя на карте и на местности три характерных дальних ориентира.

Можно определить свое местонахождение, встав точно в створе между двумя ориентирами и определив до одного из них расстояние.

Про болото

В 30-х годах мне пришлось работать на левобережной пойме реки Яхромы (Московская область).

Вся эта местность представляла собой сплошное непроходимое болото площадью в 13 тысяч гектаров. Когда-то через болото провели широкую канаву. Однажды весной Яхрома устремилась в эту канаву. Так появилась река Новая Яхрома, вдоль которой образовалась 100-метровая полоса великолепного осушенного заливного луга, а дальше лежала непроходимая топь, сплошь заросшая ольхою.

Для осушения этого болота надо было провести изыскательские работы по всей пойме и прежде всего заснять всю территорию болота в масштабе 1 : 10 000.

Вдоль коренного берега и вдоль реки Новой Яхромы мы провели два полигонометрических хода, соединили их по существующим гатям тремя другими ходами; по всем углам обоснования установили столбы.

Чтобы вести съемки в государственной системе координат, полигонометрические хода мы привязали к соседним пунктам триангуляции, а абсолютные отметки своих пунктов получили, начав нивелировку от марки государственного нивелирования, заложенной в здании ближайшей железнодорожной станции Самую съемку болота мы вели способом ординат.

По всему болоту через 200 метров в ольховых чащах были прорублены параллельные просеки-поперечники, привязанные за концы к обоснованию. На поперечниках через 100 метров поставили пикеты—сторожки и точки; колья приходилось забивать больше метра длиной, так как они легко уходили в торфяную жижу. Точки мы забивали вровень с поверхностью воды.

По точкам провели нивелировку. Нивелировать было очень трудно; под каждую ножку инструмента приходилось забивать длинные колья, и все равно при малейшем движении почва колебалась и пузырек уровня уходил.

Тогда придумали работать так. Два техника наблюдали в один нивелир; оба стояли возле инструмента не двигаясь: один смотрел только на заднюю рейку, другой — только на переднюю. А требования к качеству нивелировки были высокие: ведь на всем этом почти ровном болоте надо было ловить сантиметры, чтобы определить, куда течет вода.

Так получился план местности в горизонталях с отметками всех пикетов, и инженеры-мелиораторы занялись проектированием осушительной сети.

Война помешала развернуть работы по осушению Яхромской поймы. Но уже к концу войны появились первые экскаваторы и был прокопан основной канал вдоль коренного берега, чтобы перехватить поступление грунтовых вод.

Теперь окрестные колхозы получили первые тысячи гектаров осушенных участков.

Почему был применен при съемке этот способ?

Способом засечек обычно снимают отдельные недоступные точки. Полярный способ здесь тоже не годился: вся местность настолько густо заросла ольховником, что пришлось бы для каждого луча прорубать отдельную просеку.

Способ ординат — поперечников — применяется или в ровной закрытой местности (в кустарнике, в лесу), или когда с точностью до сантиметра требуется узнать отметку каждой точки (например, при съемке будущих стадионов); тогда поперечники разбивают через 20 и даже через 10 метров.

Способ этот не годится, когда на местности оказывается много мелких подробностей рельефа или ситуации, потому что эти подробности могут оказаться между поперечниками.

Горизонтальную съемку, когда вы снимаете только ситуацию, вы знаете очень хорошо. Если у вас есть нивелир, изготовленный из плотничного уровня, вы сможете заняться съемкой рельефа — **вертикальной** съемкой.

Пусть это будет участок болота гектаров в 5-6, который требуется осушить.

Вы изучили нивелировку, знаете, как подсчитать отметки, сумеете с помощью эккера или астролябии провести окружную межу вокруг болота и разбить через 50 метров параллельные поперечники. Если участок удлиненной формы, можно вместо окружной межи провести посреди болота магистраль и от нее перпендикулярно в обе стороны разбить ординаты, заканчивая их метров на 10 дальше края болота. Кроме пикетов, забивайте колья — сторожки и точки — на всех +50 и на перегибах местности. Так у вас получится по всему болоту сетка квадратов со стороной, равной 50 метрам. Чтобы не спутаться, все

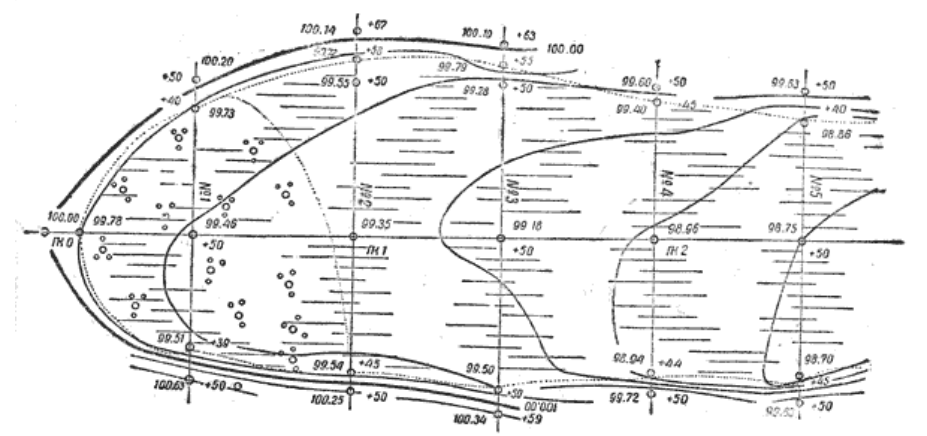
поперечники (или ординаты) нумеруйте.

Если болото заросло кустарником, возможно придется рубить просеки. Рубите их совсем узкие, не шире полметра — так называемые **визирки**. Вешки во время рубки ставьте почаще.

Промеряя линии, не обращайте особенно внимания на ситуацию. Заснимайте только то, что может иметь значение для составления проекта осушения болота, отметьте все дороги, старые канавы, края болота, опушки леса.

Наконец вы кончили все полевые работы, всё подсчитали, всё увязали. Можете теперь чертить план. Нанесите на этом плане не только всю ситуацию, которой оказалось совсем немного, но и выпишите отметки всех пикетов, так как вам придется самим проводить горизонтали.

Болото очень ровное, поэтому горизонтали можно проводить через 0,25 метра. Если отметка кратная 25, она идет через пикет, но обычно горизонтали проходят между пикетами. Внимательно проследите, как они идут, и вы увидите, например, что горизонталь между отметками 99.46 и 99.73 прошла очень близко от первой из них. Все расстояние между обоими пикетами делится на разницу между отметками, то-есть в данном примере на 27 частей, а горизонталь 99.50 проводится в расстояния от 99.46. Следующая цифра отметки 100.20; следовательно, на этом промежутке надо провести две горизонтали (99.75, 100.00). Можно точно вычислить, на каких местах они пересекут ординату, но топографы обычно проводят их на глаз карандашом, разделяя промежуток между отметками на определенное число равных частей.



План болота в горизонталях.

Наконец у вас план в горизонталях с выписанными отметками готов. В свое время вы сумели осушить маленькое болотце одной канавой. За составление проекта осушки большого болота многими канавами лучше не беритесь — топографы этим не занимаются, — а отнесите ваш план районному мелиоратору. Он наметит, где и на какую глубину провести канавы, и тогда, очевидно, снова потребуется ваша помощь при разбивке этих будущих осушительных канав.

План рисуется в поле

— Из всех ваших инструментов самый замечательный — **мензула**, — сказал мне как-то один знакомый геолог. — Она меня совершенно очаровала еще в детстве. Помню, когда я был мальчуганом, мы, крестьянские ребята, запускали на выгоне бумажный змей. Вдруг прибежал соседский мальчик: «Скорее, скорее! Что я видел!» — «Да что, что?» — «Бежим к реке, а то уйдет». Мы — змея в сторону и бегом всей ватагой. Еще издали увидели странный предмет вроде громадного белого гриба. Вокруг гриба ходили люди и что-то делали. Когда мы подбежали ближе, оказалось, что грибная шляпа — это большущий зонт. Но самое интересное находилось под зонтом. Там стоял на трех ногах маленький столик, покрытый прозрачной бумагой; бумага эта была вся в заплатах и подклейках.

— Это мензульная съемка, — заметил я. — Когда за лето заснимешь едва-едва один планшет, его надо беречь как зеницу ока, чтобы линии не стерлись и бумага не запачкалась. А в том углу планшета, где в данный момент надо вести съемку, мензулисты вырезают в восковке окошки, а потом вновь их заклеивают. К тому же, — добавил я, — на восковке полагается прочерчивать засечки и строить геометрическую сеть.

— Мы тогда всё разглядели на этом столике, — продолжал рассказывать геолог. — Особенно меня поразил медный телескоп. Он был прикреплен высокой круглой колонкой к гладкой линейке. Сбоку трубы имелось большое колесо. Над столиком наклонился человек в военной форме и что-то рисовал. «Ну, ребята, тише, не мешайте, — сказал военный, — я снимаю план. Если хотите смотреть, станьте в сторонке и не балуйтесь». Мы стали сбоку и с величайшим интересом наблюдали, что будет дальше. Вдали передвигались люди с рейками. Военный наводил трубу телескопа по очереди на этих людей, потом махал им флажками, и они переходили на другое место. Иногда военный отодвигал телескоп в сторону, наклонялся и что-то рисовал на столике. Циркулем он накалывал на планшете точки, и на бумаге

постепенно вырисовывались в уменьшенном виде горизонтали оврага со всеми изгибами, горки, боковые овраги, ручей... Затаив дыхание, я следил за рукой военного. Карандаши у него были отточены остро, линии и цифры он вырисовывал и выписывал мелко-мелко, хоть в лупу гляди, и рисовал овраг — ну просто, как настоящий художник.

Там стоял на трех ногах маленький столик...

«Мензула» по-латыни означает «столик». Она действительно больше всего похожа на небольшой столик. Представьте себе массивную треногу, на которой на трех подъемных винтах укреплена подставка с квадратной доской. На этой доске находится планшет размером 60 X 60 сантиметров, изготовленный из фанеры или из алюминия, с наклеенным сверху листом ватманской бумаги.

Медный телескоп, поставленный на столик, — это **кипрегель**. Его зрительная труба гораздо больше, чем у теодолита, и имеет лучшее увеличение. В него, например, хорошо видны кратеры на Луне, кольца Сатурна, спутники Юпитера.

Принципы мензульной съемки вы уже хорошо знаете. Когда вы, к удивлению окрестных жителей, вытаскивали в поле стол и, направляя трехгранной линейкой на разные предметы ситуации, наносили потом эти предметы на планшет и рисовали план тут же, в поле, вы и занимались как раз мензульной съемкой.

Кипрегель мензулы, в сущности, та же линейка, только металлическая и плоская, длиной 50 сантиметров, к которой с помощью колонки строго параллельно ее краю прикрепляется зрительная труба, так же как и в теодолите, с одной вертикальной

и с тремя горизонтальными дальномерными нитями.

И вы и мензулисты приставляют кромки своих линеек к кружку-станции, нанесенной на планшет.

Вы наводили ребро линейки на самую точку, кипрегель наводят на рейку, стоящую на точке, и отсчитывают по дальномерным нитям расстояние, которое накалывают по направлению кромки линейки[35].

С помощью кипрегеля горизонтальные углы не измеряются, а прочерчиваются на планшете, но обычно линии не проводят, а прямо, отсчитав по дальномеру расстояние до предмета, накалывают циркулем точки у кромки линейки.

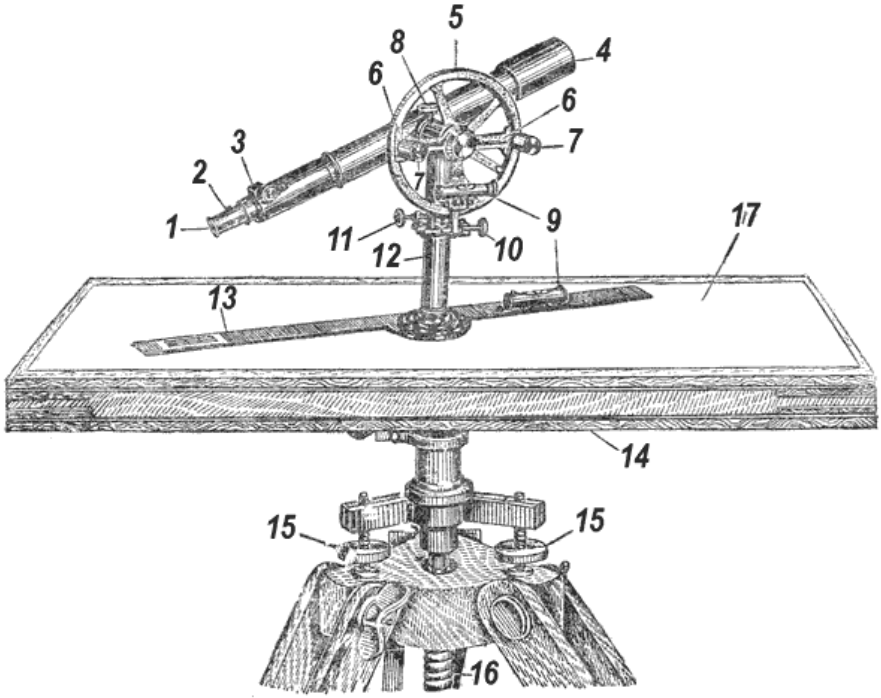
Все пункты обоснования съемки при масштабах 1 : 1000, 1 :2000, 1 :5000, как правило, заранее накалываются на планшете по вычисленным координатам их; это пункты теодолитных или полигонометрических ходов и пункты триангуляции.

При съемках масштаба 1 : 10 000 и мельче зачастую только два-три пункта триангуляции заранее наносят на планшет по координатам, а остальное обоснование строят разбивкой геометрической сети, засекают вехи прямой и обратной засечками, решают задачи Потенота.

Топографы XIX и начала XX века с мензулой в руках забирались в разные глухие, совершенно необитаемые уголки нашей страны. Мензула была облегченного типа: вместо кипрегеля употреблялась алидада, очень похожая на вашу в самодельной астролябии, то-есть легкая медная дощечка с двумя диоптрами, которую можно было передвигать куда угодно по планшету и удобно переносить.

Это алидадой топографы решали задачи Потенота и засекали вехи, вершины гор, изгибы ручьев и рек. Планшет ориентировали исключительно по буссоли. Твердых точек обоснования почти не строили, только изредка определяли астрономические пункты.

Такая съемка для создания мелкомасштабной карты называлась **полуинструментальной**. Горизонтали при такой съемке не проводили, изредка определяли абсолютные отметки барометрическим нивелированием, а весь рельеф разрисовывали на глаз штриховкой. История почти не сохранила имен этих бесстрашных героев-топографов. Именно такой съемкой занимался в дебрях Уссурийского края В. К. Арсеньев.



Кипрегель и мензула. 1 — окуляр; 2 — сетка; 3— кремальера, 4 — объектив; 5 — вертикальный круг; 6 — верньеры алидады; 7 — лупы, 8 —закрепительный винт трубы; 9 — уровни: 10 — микрометренный винт алидады; 11 — закрепительный винт алидады; 12 — подставка; 13— линейка с поперечным масштабом; 14 — мензульная доска; 15 — подъемные винты; 16 — становой винт; 17 — планшет.

В Сибири в XIX веке съемка карт велась еще более упрощенным способом, по рекам.

Плывя на лодках, топографы брали по буссоли направления (азимуты) отдельных плесов реки, а расстояния измеряли временем, потраченным лодкой на каждом плесе; попутно они отмечали устья притоков и другие характерные ориентиры.

Время от времени они устанавливали **астрономические пункты**.

Иногда вместо лодки топографы пользовались лошадьми; расстояния тогда измерялись временем, потраченным на каждый переход верхом на лошади.

Разумеется, масштабы таких карт были еще более мелкими — около 1 : 1 000 000.

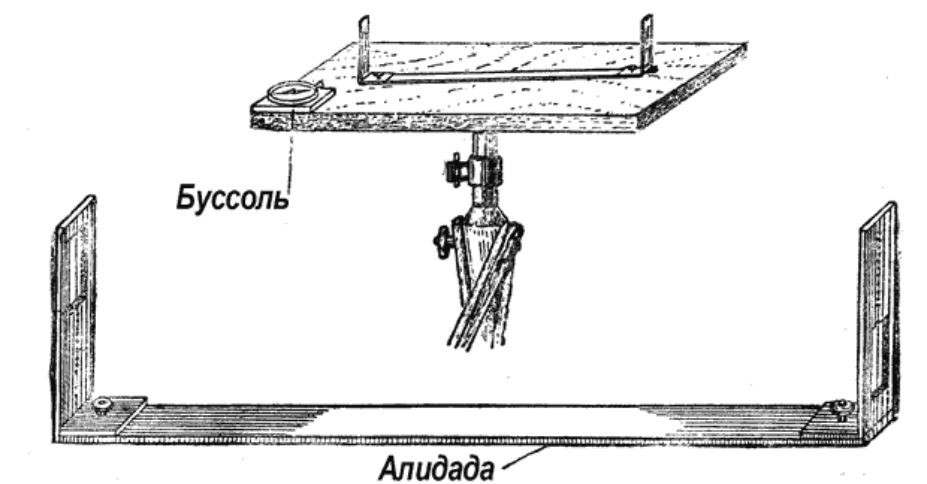
Самое драгоценное

— Что на свете самое драгоценное? — спросили одного топографа-мензулиста.

— Самое драгоценное? Конечно, мензульный планшет, — не колеблясь, ответил топограф.

Если съемка мелкомасштабная, например 1 : 50 000, топограф целое лето путешествует со своим планшетом и снимает не один десяток тысяч гектаров, наносит твердым, отточенным, как игла, карандашом всю ситуацию, рисует подчас сложнейший рельеф. И ездит он не на автомашинах, а иногда и на оленях, и на верблюдах, плавает на челноках. Приходится ему перебираться через быстрые реки, через болота, которые он рисует на планшете знаком «непроходимое».

Бережет топограф свой планшет, как величайшую драгоценность: заклеивает его восковкой, вырезая в ней окошечки для съемки, носит в специальном брезентовом чехле, таскает с собой громадный, в 2 метра диаметром, брезентовый зонт — защиту от дождя и солнца.



Мензула облегченного типа с алидадой.

Планшет — это оригинал будущей карты. Топограф вложил в него столько сил, столько любви, столько искусства, тонко-тонко выписывая цифры, разрисовывая горизонтали и ситуацию! Когда такой планшет потом вычертят тушью — черной, коричневой, зеленой, красной, — им можно любоваться, как картиной художника.

Мензульный планшет на мензулах старого образца составлен из нескольких мелких дощечек, склеенных вместе и

расположенных волокнами крест-накрест. Такой планшет никогда не коробится. На него наклеивают ватманскую бумагу «Гознак» самого лучшего качества.

Наклеивается бумага так. Берется лист величиной несколько больше планшета, намоченный в воде; нижняя сторона его покрывается сбитым в пену яичным белком и осторожно прикладывается к доске; края бумаги загибаются и приклеиваются длинными полосками обыкновенной бумаги крахмальным клейстером. Легонько разглаживая платком планшет, из-под бумаги выгоняют пузырьки воздуха. Не надо смущаться, что планшет все же останется не совсем ровным: к утру он высохнет, вытянется, оставшиеся пузырьки воздуха исчезнут.

Один топограф, испугавшись этих пузырьков, вздумал выгладить планшет горячим утюгом; бумага у него наклеилась действительно очень ровно. Ничего не подозревая, он три месяца снимал план, а когда наступила пора отделить бумагу от планшета, оказалось, что сделать это не так-то легко. Обычно план сам отстает от доски, а тут он никак не отдирался. Топограф сначала не понимал, в чем дело, а потом вспомнил про утюг. Белок под утюгом сварился и так крепко держал бумагу, что пришлось ее целый день по миллиметру отделять бритвой.

Расскажу историю, которая произошла со мной.

Летом 1951 года я работал на юге СССР, в окрестностях одного города, — снимал площадку для будущего большого текстильного комбината площадью 450 гектаров в масштабе 1 : 1000[36].

Со мной поехали старший техник Ваня — очень хороший мензулист, студент-практикант Сережа, девятиклассник Саша и восьмиклассница Таня. Жили мы в маленьком беленьком домике. В комнате у нас была «контора», а сами мы спали в саду.

Работу мы уже заканчивали и собирались уезжать в Москву. Проектировщики меня ждали, так как скоро должно было начаться строительство комбината. Всего у нас было заснято двадцать девять планшетов[37]. Эти планшеты мы не приклеивали сами яичным белком, а привезли готовые, заранее наклеенные на фанерные листы; мы их на время съемки прикрепляли сапожными гвоздями к мензульной доске.

Планшеты у нас вышли очень красивые. Через весь участок наискось проходил в дамбе большой оросительный канал, от которого отделялись другие каналы. По краям участка шли две шоссейные дороги, обсаженные деревьями. В одной стороне росли фруктовые сады, в другой были огороды. Изредка причудливо извивались горизонтали.

По вечерам я часто перебирал планшеты, выискивая какие-либо недостатки, и, признаться, любовался нашей работой: уж очень здорово техник Ваня их разрисовал.

Оставалось заснять последний, тридцатый, планшет.

Однажды все мои ребята были в поле. Я случайно возвращался в деревню, где мы остановились, раньше времени. Погода стояла хорошая, настроение у меня было самое лучшее. Меня радовало и окончание большой, ответственной работы и близкое возвращение в Москву... И вдруг я заметил за абрикосовым садом клубы черного дыма примерно в той стороне, где стояла наша хата.

Я ускорил шаг, вышел на пригорок и увидел, что называется, потрясающее зрелище: наша хата была объята пламенем со всех сторон. Ошибиться я не мог. Я ее узнал среди других по двум пирамидальным тополям. Вокруг хаты бегало много народу, таскали ведра, разбирали забор...

«Планшеты! Двадцать девять планшетов! В углу под фикусом!» — обожгла меня мысль.

Я помчался так быстро, как много лет уже не бегал.

«Мы не можем, не можем сорвать сроки строительства! — думал я. — Вышибу окно, вскочу в хату...»

Подбежав ближе, я увидел, что горела не хата, а сарай перед нею. Но и тесовая крыша хаты занималась; на крыше стояли хозяин с сыном и поливали ее из ведер, когда ветер бросал на нее горящие клочья соломы, летевшие с сарая.

— Целы ваши вещи! — крикнул кто-то мне. — Вон в вишнях под забором!

Я бросился туда... Подбежал к вишням. Вот чемодан, куча пальто, ящик с теодолитом, краснеет недоеденный арбуз... А планшеты? Где планшеты?

Я к хате, которая вот-вот вспыхнет. Вбежал, смотрю — фикус вынесен, а все планшеты толстой стопкой лежат на полу. С большим трудом я схватил их в охапку и понес.

В этот момент примчалась пожарная автомашина. Пожарники быстро разматывали шланг; сейчас начнут поливать, и я вижу, как один целится в меня.

Бежать с таким тяжелым и неудобным грузом я не мог.

Струя ударила по пламени, огонь зашипел; но я успел проскочить.

Через несколько минут пожар был потушен.

На площадке будущего завода

Если площадка будущего завода сравнительно невелика,

меньше 50 гектаров, топографы ее заснимают в масштабе 1 : 500 или 1 : 1000.

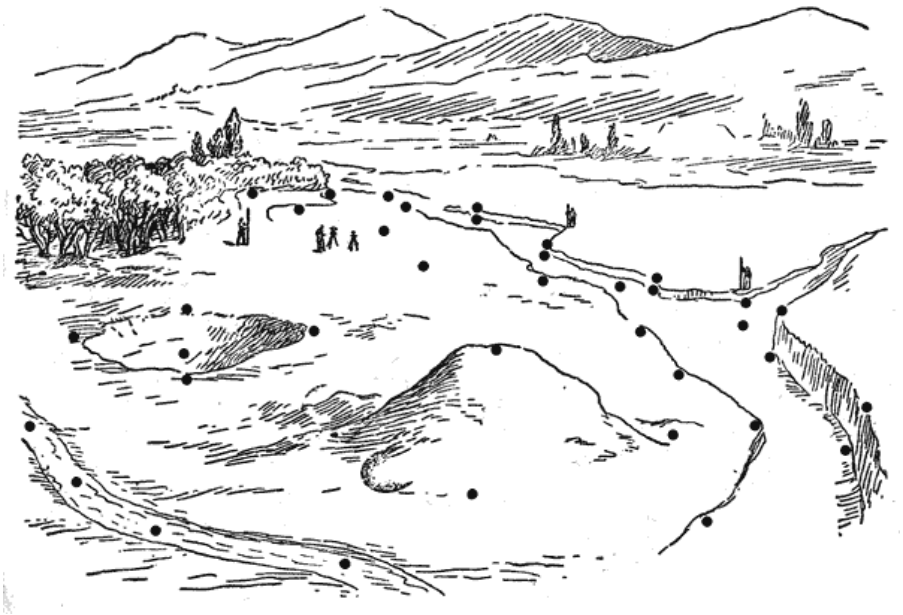
Обычно они берут с собой не мензулу (уж очень она громоздка), а теодолит и нивелир и начинают работы с установки пунктов обоснования. При съемке в масштабе 1 : 1000 их нужно не меньше чем по одному на гектар. Часть пунктов хорошо закрепляется в виде металлических или бетонных знаков. Затем пункты соединяют теодолитными ходами и нивелируют их.

Когда обоснование измерено, вычислено, увязано и наложено по координатам на будущий план, начинают тахеометрическую съемку местности.

Тахеометрическая съемка производится теодолитом от пунктов обоснования полярным способом. Расстояния до реек определяются по дальномерным нитям, горизонтальные углы отсчитываются по лимбу, а по вертикальному кругу — углы наклона. Если участок сравнительно ровный, топографы зачастую ставят оба инструмента рядом: теодолит — на пункте, а нивелир — в трех шагах от него. По горизонтальному лучу нивелира и проще и скорее получаются превышения.

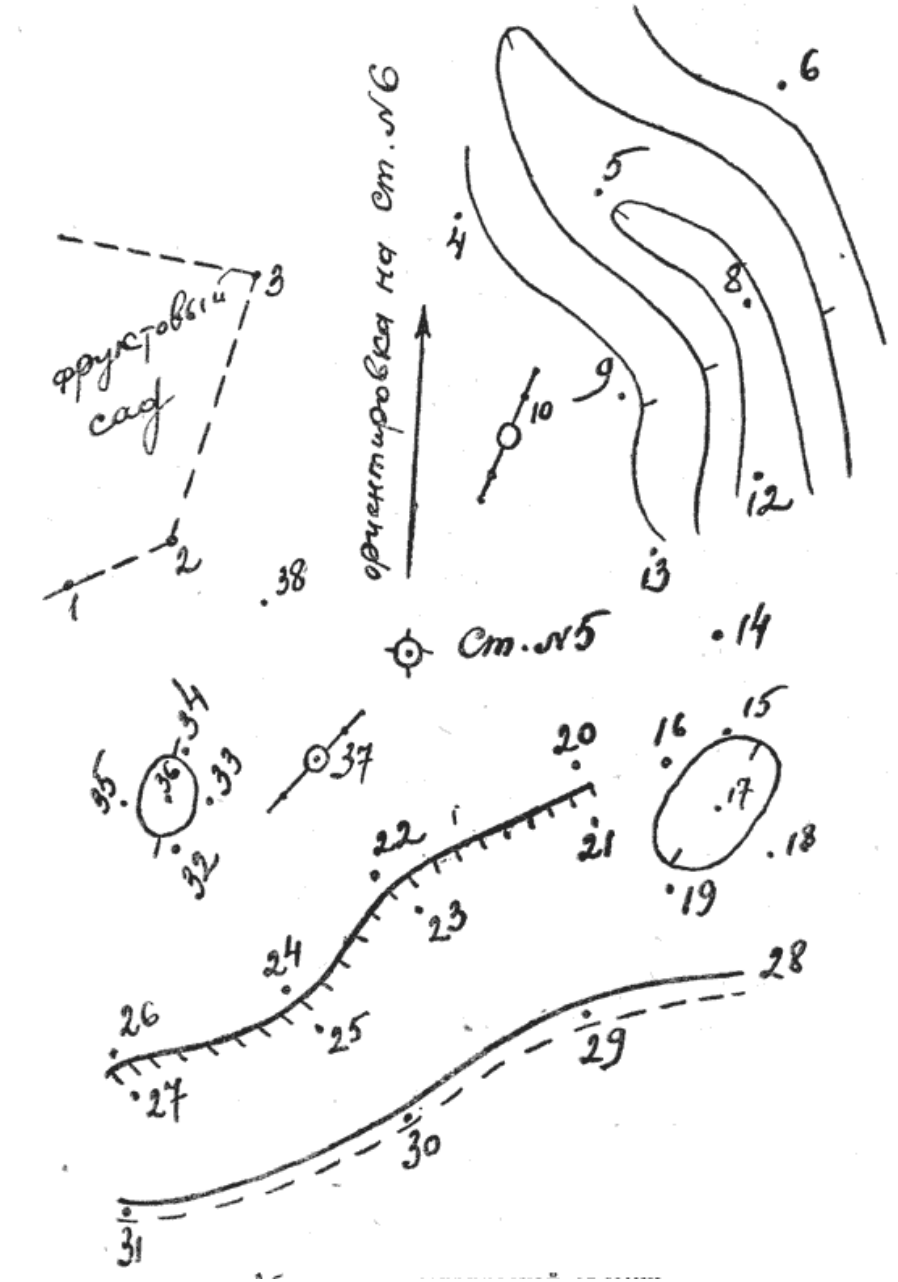
Реечников направляют во все стороны, но их не ставят где попало. На ровных участках они ходят рядами, давая точки при съемке в масштабе 1 : 500 не реже, чем через 20 метров. Овраги вырисовываются так: один реечник идет по дну оврага, становясь на. каждом его повороте, а двое других становятся напротив него, по обеим бровкам. Горки вырисовываются минимум пятью точками: четыре ставятся по всем сторонам горки у подошвы, а пятая — на вершине. Так же пятью точками заснимается и котловина.

Ситуация заснимается так же, как вы ее заснимали при съемке пионерского лагеря, — в основном тоже полярным способом, только расстояния от пунктов до зданий определяются не дальномером, а лентой, здания же обмериваются рулеткой.



Производство тахеометрической съемки. Точками обозначены места, где становились реечники. (рис. со стр. 179 — V_E)

На рисунке, помещенном на стр. 179, хорошо виден весь ход съемки. Одновременно чертится подробный абрис.



Абрис тахеометрической съемки.

По специальным таблицам, по известному расстоянию и по углу наклона вычисляются превышения, по которым и узнаются отметки всех реечных точек. Потом с помощью транспортира

точки накладываются на план. По глазомерным абрисам, согласно условным знакам, рисуется ситуация, а согласно отметкам точек проводятся горизонтали[38].

Готовый план обязательно проверяется в поле. Потом его передают проектировщикам.

Основной чертеж строительства нового завода — это генеральный план всей территории и жилого поселка при нем.

Зачастую проектировщики, как когда-то и мы с вами, чтобы создать генеральный план, вырезают картонные прямоугольники и фигурки — будущие здания — и по многу раз раскладывают и перекладывают их на плане местности.

Когда генеральный план готов, топографы снова выезжают на площадку — **переносить проект в натуру**.

Все здания, все линии дорог на самой площадке будущего завода, все линии улиц, заборов, тротуаров, ряды домов, даже ряды деревьев, как правило, намечаются проектировщиками совершенно параллельно и перпендикулярно друг другу, а длина участка может превышать и километр.

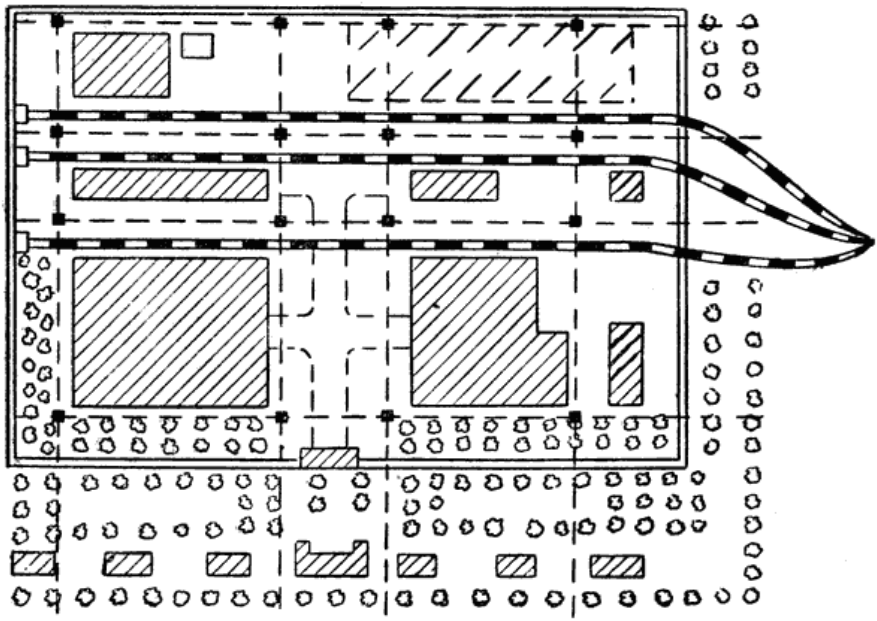
Чтобы точно, с ошибкой 3-4 сантиметра на километр, «посадить» все будущие здания, улицы и дороги на местность, надо сперва разбить **строительную сетку**.

Эта сетка, то-есть основные параллельные и перпендикулярные линии, на пересечениях которых устанавливаются бетонные центры с металлическим стерженьком наверху, должна быть разбита так, чтобы при постройке зданий и дорог все центры уцелели и, по возможности, из каждого центра можно было видеть не меньше двух соседних.

Таким образом, расстояния между линиями сетки получаются разные.

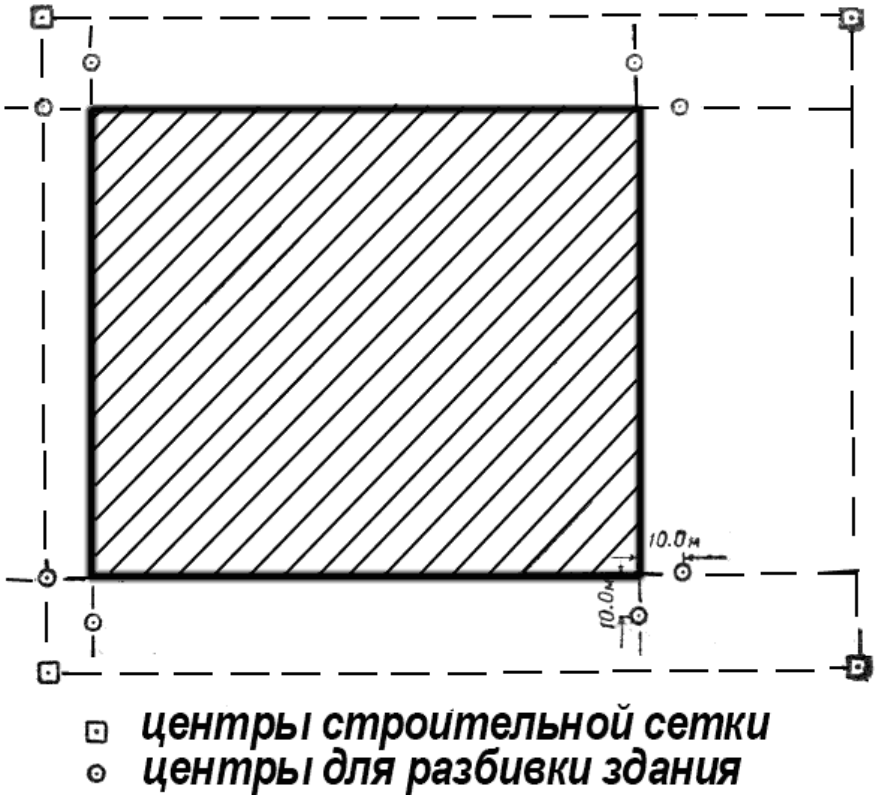
Иногда, наоборот, сетка разбивается через равные промежутки, через 100-200 метров, но тогда при строительстве центры могут пропасть, потому что попадут под здание или под дорогу.

Разбивается сетка теодолитом-тридцатисекундником и проверенной лентой или еще более точными приборами. На всех бетонных центрах дополнительно измеряют углы. Когда окончательно будут учтены все отклонения в сетке, приступают к разбивке зданий. При этом центры ставят не на углах будущих зданий, а выносят их в стороны, на продолжение осей будущих стен, на 5-10 метров, чтобы они сохранились хотя бы до окончания возведения фундамента. Для прямоугольных зданий нужно по восемь центров.



Проект разбивки строительной сетки.

Если дом будет выстроен со сдвигом в сторону на 5 сантиметров, никто этого и не заметит. Также, если один из тринадцати шлюзов Волго-Донского канала будет сдвинут в какую-либо сторону на несколько сантиметров, ничего от этого не случится, но уже внутри шлюза в бетонных частях отклонения не должны превышать сантиметра, а в частях металлических, например в пятах ворот, при ошибке в 1 миллиметр процесс закрывания и открывания шлюза уже не будет плавным.



Так разбивается на строительной площадке отдельное здание.

Такие точности достигаются геодезистами более совершенными методами разбивки, чем те, о которых я здесь рассказал.

Изыскатели-железнодорожники

Начальник изыскательской партии по изысканиям железнодорожной линии от одного города до другого приезжает в начальный пункт. С ним его заместитель, два нивелировщика, пикетажист, человек пятнадцать рабочих — мерщики, реечники, рубщики. В портфеле начальника партии — карта, самая подробная, какая только существует, но все же масштаба мелкого; на карте намечены два варианта трассы: по долине одной реки и по долине другой.

Все работники партии вышли в поле. Впереди — начальник с биноклем, с компасом, с эклиметром; с ним трое рубщиков.

Надо суметь трассу провести так, чтобы выбрать действительно лучший вариант. При минимуме земляных работ

линия не должна слишком извиваться и подъемы нельзя намечать чересчур крутыми. А местность подчас бывает такая, что, как говорится, чорт ногу сломает. Скалы, нависшие над горным потоком, девственные леса с буреломом, болота...

Все изыскатели помогают своему начальнику партии в выборе направления.

— Ну как, товарищи, куда же идти дальше?

— А что, если на ту сторону речки? Там вроде не так круто.

Иной раз сметливый рабочий может предложить правильное решение. Ум — хорошо, а два — лучше.

Но одного опыта, одного глазомера далеко не достаточно. На помощь приходит теодолит.

Очень помогает, особенно в закрытой таежной местности, тахеометрическая съемка рельефа по узкой, 50-200 метров, полосе. По полученному плану в горизонталях этой полосы масштаба 1 : 2000 всегда можно уже вечером в палатке сообразить и прикинуть этот наилучший вариант.

В «Инженерах» Гарина-Михайловского очень красочно описываются железнодорожные изыскания, но, с нашей точки зрения, неверно. Изыскатели идут чуть ли не по 10-15 километров в день, мало обращая внимания на местность. У читателя создается впечатление, что особенно задумываться над тем, где провести трассу, незачем. А ведь иной раз изменение угла поворота на 1° даст государству экономии на сотни тысяч рублей.

Есть одна вещь, которая связывает начальника партии по рукам и ногам. Это **предельный уклон**, круче которого он не имеет права ни подниматься, ни спускаться.

При изысканиях магистральной линии на каждый километр расстояния он может подняться в высоту самое большее на 10—11 метров.

Начальник партии ведет трассу по горной долине. Пока уклон позволяет, он ведет ее по одному из берегов, но местность все повышается, трасса начинает зарываться в землю. Чтобы набрать уклон, можно пересечь ручей, потом вновь вернуться на свой берег, но постепенно долина суживается, падение ручья становится круче. Деваться некуда.

На железной дороге между Белореченской и Туапсе очень хорошо видно, как изощрялись изыскатели, чтобы выдержать уклон, пересекая Кавказский хребет. Они заворачивали трассу в боковые долины, но те тоже спускались чересчур круто. Тогда они вновь поворачивали и уходили прямо в гору туннелем; туннель этот делал большую петлю, и изыскатели вновь возвращались к прежней трассе, но оказывались уже на 25-30 метров над нею. Уклон был набран.

Конечно, петли удлиняют путь, а туннели удорожают строительство, но ничего не поделаешь — предельный уклон.

Шоссейные дороги могут идти под более крутым уклоном, с подъемом в 50 и больше метров на километр, поэтому они проводятся в таких местах, где строительство железных дорог стоило бы колоссальных затрат.

Таков, например, известный Памирский тракт от Оша до Хорога, пересекающий три хребта и поднимающийся на высоту более 4000 метров.

Мне пришлось проехать на автомашине от Сталинабада до Куляба по горной местности. По карте по прямой расстояние там 110 километров, а мы сделали по петлям, поднимаясь и спускаясь, 215 километров.

Вернемся к нашему начальнику партии. Наконец лучший вариант трассы выбран. Рабочие рубят просеку, с лентой идут два мерщика и пикетажист, через 100 метров забиваются пикеты, на всех перегибах местности также забиваются колья — плюсы. Пикетажист все время в пикетажной книжке рисует ситуацию. Частично он рисует на глаз по 20 метров в обе стороны, а более важные предметы, например здания, привязывает рулеткой.

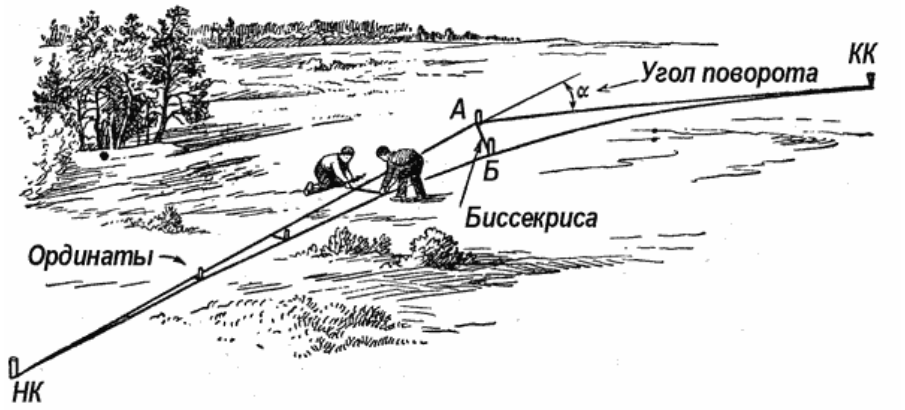
Железнодорожная трасса редко идет по прямой; она то и дело поворачивает, обходя горы, переходя через овраги и реки под углом, близким к 90°.

С кривыми участками трассы у пикетажиста всегда бывает много хлопот. Ему приходится **разбивать кривые**.

Старший инженер партии, идя с теодолитом впереди по просеке, доходит до какой-то точки и на этой точке делает угол, предположим, вправо. Но ведь поезда не ходят по ломаной линии. Оказывается, старший инженер идет по двум касательным к окружности определенного радиуса.

В свое время мы с вами в пионерском лагере разбивали повороты дорожек с помощью веревки или рулетки, пользуясь ими как гигантским циркулем. Но там радиус кривой оказывался достаточным в 10 метров. На магистральных железнодорожных линиях этот радиус равен 500-1000 метров, на Октябрьской дороге — даже 2000 метров. Такую кривую от центра окружности не разобьешь.

Разбивается кривая по специальным таблицам, не от центра окружности, а короткими ординатами от обеих касательных; но сперва надо найти по этим таблицам и отметить на местности точки начала и конца кривой (***НК*** и ***КК***) и из вершины угла выставить биссектрису ***Б***.



Так разбивается кривая.

Сзади пикетажиста идут два нивелировщика, один за другим, и нивелируют пикеты и плюсы.

Вечером по вычисленным отметкам поверхности земли — **черным** отметкам — чертится продольный профиль трассы. Изыскатели по вычерченному профилю проводят линию поверхности будущего железнодорожного полотна. Эта проектная линия называется **красной**, и отметки, относящиеся к ней, пишутся красной тушью. Ее стараются провести так, чтобы пришлось как можно меньше копать землю и чтобы вынутую из выемки землю можно было использовать поблизости для насыпи. По профилю подсчитывается, сколько всего земли нужно вынуть и насыпать.

Изыскатели намечают также, где построить станции, разъезды, мосты, трубы, переезды и другие железнодорожные сооружения.

Когда начинается постройка железной дороги, геодезисты являются неизменными спутниками строителей.

Изыскатели через 2 километра поставили в стороне репера; теперь геодезисты от этих реперов с помощью нивелира точно указывают, где и сколько копать, где и сколько насыпать, а потом по готовому полотну проверяют укладку рельсов и подсыпку балласта.

Аэрофотосъемка

Если лететь на самолете, все кажется совершенно не похожим на действительность, словно внизу расстилается не местность, а

карта. Разноцветные прямоугольники полей, светлые нитки дорог, голубые ленты рек, игрушечные домики, улицы, как канавки, — все это очень похоже именно на карту.

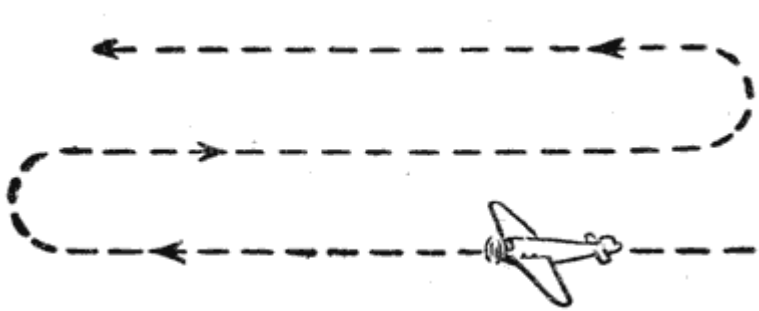
Для военных целей, для разведки укреплений противника фотографирование с самолета широко применялось еще в первую мировую войну[39].

Но чтобы превратить такие фотографии в карту, нужно затратить очень много труда. Ведь неизвестен масштаб этих снимков, хотя, очевидно, чем выше летит самолет, тем мельче будет масштаб. А затем самолет, а следовательно, и фотографическая камера, установленная на нем, могут в момент съемки немного накрениться, а этот крен даже при небольшом ветре просто неизбежен.

Но предположим, снимок случайно был сделан, когда самолет летел горизонтально, и все равно только самый центр его будет действительно представлять собой точное изображение местности, а чем дальше к краям снимка, тем более под косым углом выходят предметы и тем сильнее искажаются; особенно неправильными выходят горы.

Словом, снимком с самолета — аэрофотоснимком — пользоваться как картой невозможно. Однако топографы получают в руки замечательный ключ, с помощью которого после целого ряда действий эти снимки можно превратить в настоящую и притом совершенно безошибочную карту.

Самолет с вмонтированным в пол большим фотоаппаратом делает не один снимок, а сотни. Он летит, по возможности, по прямой линии, потом круто поворачивает и летит параллельно первому залету, вновь круто поворачивает, снова летит параллельно.



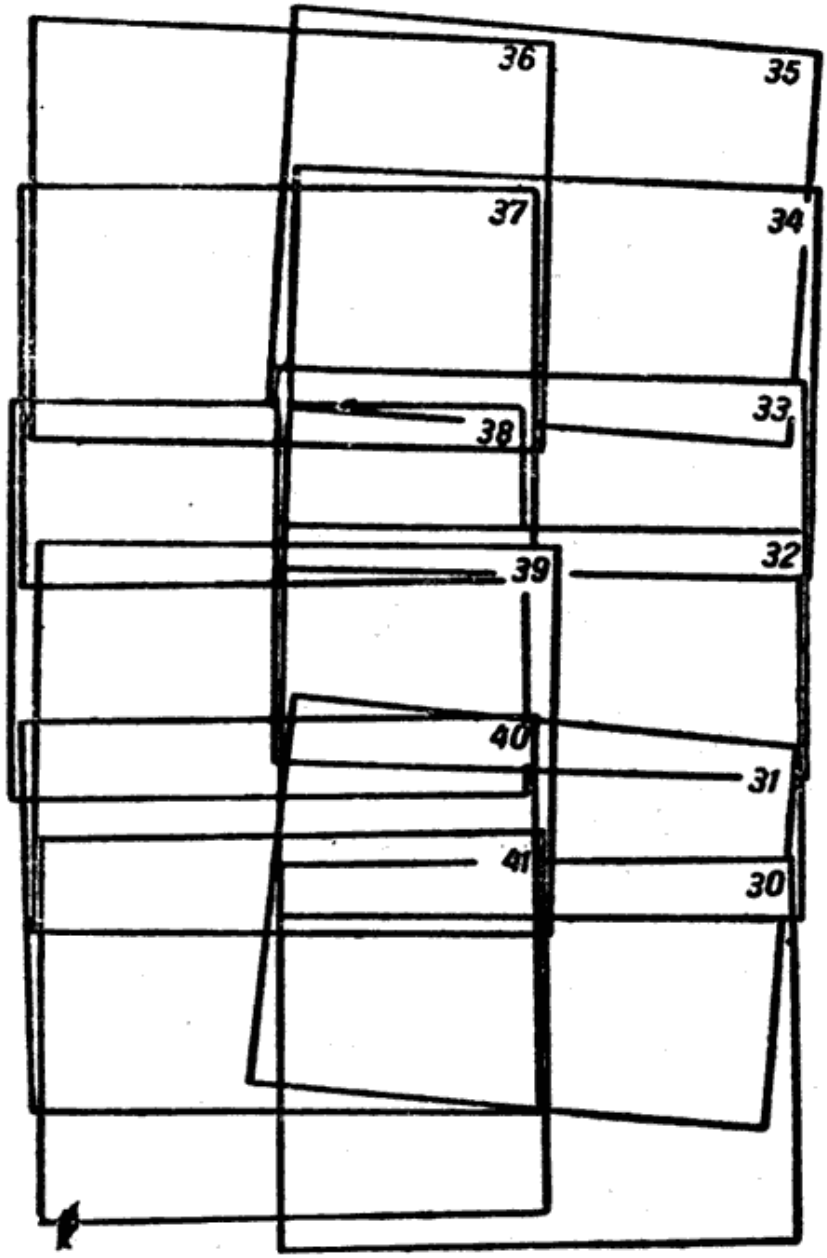
Маршрут самолета во время аэрофотосъемки.

Так получаются снимки один за другим, частично покрывающие друг друга; снимки следующего залета также частично налегают на снимки предыдущего.

На местности имеется несколько точек, координаты которых известны и которые четко видны на аэрофотоснимке. Это, во-первых, окопанные широкими канавами пункты триангуляции и, во-вторых, **опознаки**.

Опознаки — это повороты и развилки дорог, резкие углы различной ситуации, отдельные столбы, пересечения канав — словом, все то, что с точностью до 0,2 миллиметра можно найти (опознать) на аэроснимке и что можно также найти и на местности и привязать к ближайшим пунктам триангуляции.

Существует специальный проекционный фонарь с очень остроумным приспособлением, в который вставляется негатив аэрофотоснимка. Раз на этом негативе четко видны пункты триангуляции и привязанные к ним опознаки, можно его поставить под углом, равным углу наклона самолета в момент съемки. Такой перекошенный и поставленный на определенном расстоянии негатив печатается. Получается плановый аэрофотоснимок; однако у него действительно верна только середина. Но благодаря перекрытию снимков можно пользоваться только этой серединой каждого снимка. Середины вырезают и наклеивают на один большой лист. Так получается фотосхема, которая затем переводится в определенный масштаб и превращается в **фотоплан**.



Снимки частично перекрывают друг друга.

Посмотрите на помещенный на стр. 189 (слева) рисунок. Так выглядит аэрофотоснимок мелкого масштаба — 1 : 25 000. Вверху

и внизу на нем видны овраги с разветвлениями, в правом верхнем углу заметна деревня, в центре снимка нарочно обведен треугольничком триангуляционный знак. Площадь между оврагами занимает поле; во все стороны протянулись белые нити — дороги.

Аэрофотоснимок (слева) и план местности, соответствующий ему (справа). (рис. со стр. 189 — V_E).

Для топографов тут осталось не так уж много неясностей. Но все равно надо выехать на место и узнать название деревни, посмотреть, как идут дороги, которые не вышли на белом фоне пашни.

Рядом помещен план той же местности.

Вы видите, что уничтожены многие контуры, которые на аэрофотоснимке получились самыми четкими. Это распаханные и нераспаханные полосы полей.

«А откуда же появились горизонтали?» — спросите вы.

Контуры оврагов и крутых склонов хорошо выходят на снимке. Но каков уклон, какова глубина этих оврагов? Как узнать по фотоплану рельеф в случаях незначительных скатов?

Зачастую при более крупном масштабе — 1 : .2000, 1 : 5000, 1

: 10 000 — употребляется полевая рисовка рельефа. Вытаскивается в поле «старушка»-мензула, ставится на пункты обоснования и на опознаки, на планшет прикрепляется фотоплан, и топограф начинает посылать рейки во все стороны и по готовому фотоплану рисует прямо в поле горизонтали. Конечно,таких реечных точек требуется в два-три раза меньше, чем при обыкновенной съемке, и не всегда до них нужно отсчитывать расстояния и брать направления — рейки ставятся на точки, которые хорошо видны на фотоплане.

При полевой рисовке рельефа экономия рабочего времени в сравнении с наземной съемкой получается огромная.

Большую помощь оказывает топографам аэрофотосъемка в городах.

Если бы топографу пришлось снимать план города без помощи самолета, он вынужден был бы проводить хода по каждой улице, привязывать и обмерять все постройки, по двадцать раз в день перелезая через заборы.

Но основное применение аэрофотосъемки — это съемка необозримых, необжитых пространств тайги Сибири, тундры Арктики, пустынь Средней Азии.

Благодаря аэрофотосъемке были стерты последние белые пятна с карты нашей Родины.

Наши изобретатели добились того, что почти все работы по составлению мелкомасштабных карт проводятся в помещениях.

Существует прибор — стереоскоп (стереометр). В него помещают два соседних снимка одного маршрута или два перекрещивающихся снимка смежных маршрутов и глядят на них. Снимки получаются удивительно рельефными, выпуклыми. Многие непонятные детали в стереоскопе ясно распознаются. Помещая в стереоскоп смежные снимки и глядя на выпуклости, впадины, скаты и склоны, рисуют, сидя за столом, горизонтали рельефа. При этом на каждую пару снимков необходимо иметь не менее шести контрольных высотных отметок.

Затем фотоплан переходит в руки картографа, который разноцветной тушью согласно условным знакам вытягивает все контуры ситуации и горизонтали, а потом специальным составом вытравляет фотоэмульсию. Так получается настоящая, и при том совершенно безошибочная, карта местности.

Таковы основные принципы **аэрофотосъемки**.

* *

*

Я познакомил вас с топографией, рассказал о работе топографов — ближайших помощников строителей, неутомимых исследователей необъятных просторов нашей страны; объяснил, как с помощью самодельных инструментов заснять план местности.

Теперь дело за вами.

Организуйте в школе, в пионерском лагере топографический кружок. Если окажется слишком много охотников, разделитесь на звенья по четыре-пять человек. Сделайте себе необходимые для работы в поле инструменты и займитесь съемкой. Звенья могут снимать разные участки, но лучше всего снять один и тот же участок и потом сравнить полученные планы — чей окажется более точным.

Уверен, что многих из вас увлечет эта интересная работа, связанная с природой, с далекими путешествиями, и вы скажете после окончания школы:

«Хочу быть топографом!»

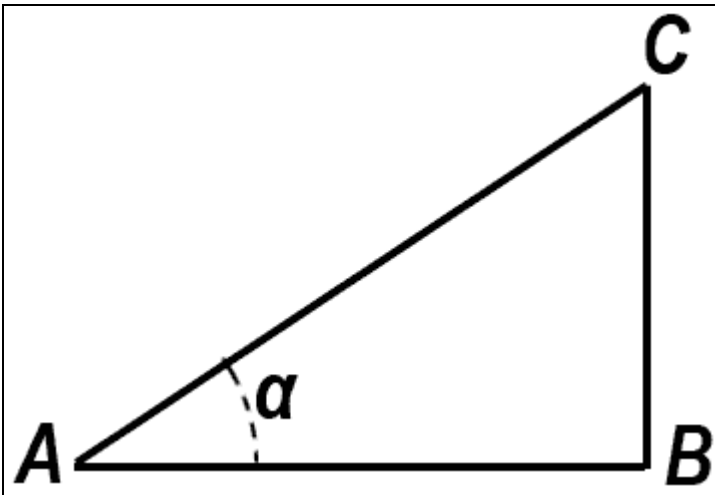


Таблица для определения величины катета СВ когда гипотенуза А С — 100 метрам или когда катет АВ = 100 метрам, при углах наклона а от 0° до 44°30' [40]

Угол α	АС = 100 метрам	АВ = 100 метрам	Угол а	АС = 100 метрам	АВ = 100 метрам	Угол а	АС =100 метрам	АВ = 100 метрам [8]
0°00'	0,0	0,0	15°00'	25,9	26,8	30°00'	50,0	57,7
0°30'	0,9	0,9	15°30'	26,7	27,7	30°30'	50,8	58,9
1°00'	1,7	1,7	16°00'	27,6	28,7	31°00'	51,5	60,1
1°30'	2,6	2,6	16°30'	28,4	29,6	31°30'	52,2	61,3
2°00'	3,5	3,5	17°00'	29,2	30,6	32°00'	53,0	62,5
2°30'	4,4	4,4	17°30'	30,1	31,5	32°30'	53,7	63,7
3°00'	5,2	5,2	18°00'	30,9	32,5	33°00'	54,5	64,9
3°30'	6,1	6,1	18°30'	31,7	33,5	33°30'	55,2	66,2
4°00'	7,0	7,0	19°00'	32,6	34,4	34°00'	55,9	67,5
4°30'	7,8	7,9	19°30'	33,4	35,4	34°30'	56,6	68,7
5°00'	8,7	8,7	20°00'	34,2	36,4	35°00'	57,4	70,0
5°30'	9,6	9,6	20°30'	35,0	37,4	35°30'	58,1	71,3
6°00'	10,5	10,5	21°00'	35,8	38,4	36°00'	58,8	72,7
6°30'	11,3	11,4	21°30'	36,6	39,4	36°30'	59,5	74,0
7°00'	12,2	12,3	22°00'	37,5	40,4	37°00′	60,2	75,4
7°30'	13,1	13,2	22°30'	38,3	41,4	37°30'	60,9	76,7
8°00'	13,9	14,1	23°00'	39,1	42,4	38°00'	61,6	78,1
8°30'	14,8	14,9	23°30'	39,9	43,5	38°30'	62,3	79,5
9°00'	15,6	15,8	24°00'	40,7	44,5	39°00'	62,9	81,0
9°30'	16,5	16,7	24°30'	41,5	45,6	39°30'	63,6	82,4

10°00'	17,4	17,6	25°00'	42,3	46,6	40°00'	64,3	83,9
10°30'	18,2	18,5	25°30'	43,1	47,7	40°30'	64,9	85,4
11°00'	19,1	19,4	26°00'	43,8	48,8	41°00'	65,6	86,9
11°30'	19,9	20,3	26°30'	44,6	49,9	41°30'	66,3	88,5
12°00'	20,8	21,3	27°00'	45,4	51,0	42°00'	66,9	90,0
12°30'	21,6	22,2	27°30'	46,2	52,1	42°30'	67,6	91,6
13°00'	22,5	23,1	28°00'	46,9	53,2	43°00'	68,2	93,3
13°30'	23,3	24,0	28°30'	47,7	54,3	43°30'	68,8	94,9
14°00'	24,2	24,9	29°00'	48,5	55,4	44°00'	69,5	96,6
14°30'	25,0	25,9	29°30'	49,2	56,6	44°30'	70,1	98,3

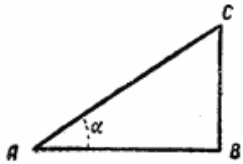


Таблица для определения величины катета *CB* когда гипотенуза *AC* = 100 метрам или когда катет *AB* = 100 метрам, при углах наклона α от 0° до 44°30′ [1]

Угол α	*AC* = 100 метрам	*AB* = 100 метрам	Угол α	*AC* = 100 метрам	*AB* = 100 метрам	Угол α	*AC* = 100 метрам	*AB* = 100 метрам
0°00′	0,0	0,0	15°00′	25,9	26,8	30°00′	50,0	57,7
0°30′	0,9	0,9	15°30′	26,7	27,7	30°30′	50,8	58,9
1°00′	1,7	1,7	16°00′	27,6	28,7	31°00′	51,5	60,1
1°30′	2,6	2,6	16°30′	28,4	29,6	31°30′	52,2	61,3
2°00′	3,5	3,5	17°00′	29,2	30,6	32°00′	53,0	62,5
2°30′	4,4	4,4	17°30′	30,1	31,5	32°30′	53,7	63,7
3°00′	5,2	5,2	18°00′	30,9	32,5	33°00′	54,5	64,9
3°30′	6,1	6,1	18°30′	31,7	33,5	33°30′	55,2	66,2
4°00′	7,0	7,0	19°00′	32,6	34,4	34°00′	55,9	67,5
4°30′	7,8	7,9	19°30′	33,4	35,4	34°30′	56,6	68,7
5°00′	8,7	8,7	20°00′	34,2	36,4	35°00′	57,4	70,0
5°30′	9,6	9,6	20°30′	35,0	37,4	35°30′	58,1	71,3
6°00′	10,5	10,5	21°00′	35,8	38,4	36°00′	58,8	72,7
6°30′	11,3	11,4	21°30′	36,6	39,4	36°30′	59,5	74,0
7°00′	12,2	12,3	22°00′	37,5	40,4	37°00′	60,2	75,4
7°30′	13,1	13,2	22°30′	38,3	41,4	37°30′	60,9	76,7
8°00′	13,9	14,1	23°00′	39,1	42,4	38°00′	61,6	78,1
8°30′	14,8	14,9	23°30′	39,9	43,5	38°30′	62,3	79,5
9°00′	15,6	15,8	24°00′	40,7	44,5	39°00′	62,9	81,0
9°30′	16,5	16,7	24°30′	41,5	45,6	39°30′	63,6	82,4
10°00′	17,4	17,6	25°00′	42,3	46,6	40°00′	64,3	83,9
10°30′	18,2	18,5	25°30′	43,1	47,7	40°30′	64,9	85,4
11°00′	19,1	19,4	26°00′	43,8	48,8	41°00′	65,6	86,9
11°30′	19,9	20,3	26°30′	44,6	49,9	41°30′	66,3	88,5
12°00′	20,8	21,3	27°00′	45,4	51,0	42°00′	66,9	90,0
12°30′	21,6	22,2	27°30′	46,2	52,1	42°30′	67,6	91,6
13°00′	22,5	23,1	28°00′	46,9	53,2	43°00′	68,2	93,3
13°30′	23,3	24,0	28°30′	47,7	54,3	43°30′	68,8	94,9
14°00′	24,2	24,9	29°00′	48,5	55,4	44°00′	69,5	96,6
14°30′	25,0	25,9	29°30′	49,2	56,6	44°30′	70,1	98,3

[1] Если вам знакома тригонометрия, то вы знаете, что в первом случае вы имеете дело с sin α × 100 метров, во втором — tg α × 100 метров.

Таблица для определения расхода воды с помощью водосливов треугольного и трапецеидального

высота подпора воды в метрах водосливы треугольный	Расход воды в кубометрах в секунду водосливы трапецеидальный (ширина порога 1 метр)	высота подпора воды в метрах водосливы треугольный	Расход воды в кубометрах в секунду водосливы трапецеидальный (ширина порога 1 метр)		
-	-	-	0,32	0,09	0,34
0,04	-	0,01	0,34	0,10	0,37
0,06	-	0,03	0,36	0,11	0,40
0,08	0,003	0,04	0,38	0,13	0,44
0,10	0,005	0,06	0,40	0,14	0,47
0,12	0,007	0,08	0,42	0,16	0,51
0,14	0,010	0,10	0,44	0,18	0,54
0,16	0,014	0,12	0,46	0,20	0,58
0,18	0,02	0,14	0,48	0,22	0,62
0,20	0,03	0,17	0,50	0,24	0,66
0,22	0,03	0,19	0,52	0,27	0,70
0,24	0,04	0,22	0,54	0,30	0,74
0,26	0,05	0,25	0,56	0,32	0,78
0,28	0,06	0,28	0,58	0,35	0,82
0,30	0,07	0,31	0,60	0,38	0,86

Таблица для определения расхода воды с помощью водосливов треугольного и трапецоидального

Высота подпора воды в метрах	Расход воды в кубометрах в секунду		Высота подпора воды в метрах	Расход воды в кубометрах в секунду	
	водосливы			водосливы	
	треугольный	трапецоидальный (ширина порога 1 метр)		треугольный	трапецоидальный (ширина порога 1 метр)
—	—	—	0,32	0,09	0,34
0,04	—	0,01	0,34	0,10	0,37
0,06	—	0,03	0,36	0,11	0,40
0,08	0,003	0,04	0,38	0,13	0,44
0,10	0,005	0,06	0,40	0,14	0,47
0,12	0,007	0,08	0,42	0,16	0,51
0,14	0,010	0,10	0,44	0,18	0,54
0,16	0,014	0,12	0,46	0,20	0,58
0,18	0,02	0,14	0,48	0,22	0,62
0,20	0,03	0,17	0,50	0,24	0,66
0,22	0,03	0,19	0,52	0,27	0,70
0,24	0,04	0,22	0,54	0,30	0,74
0,26	0,05	0,25	0,56	0,32	0,78
0,28	0,06	0,28	0,58	0,35	0,82
0,30	0,07	0,31	0,60	0,38	0,86

Таблица поправок на наклон линии на 100 метров измеренного лентой расстояния АС[41]

Угол наклона	Поправки в метрах	Угол наклона	Поправки в метрах	Угол наклона	Поправки в метрах	Угол наклона	Поправки в метрах
1°00'	0,02	7°00'	0,75	13°00'	2,56	19°00'	5,45
1°30'	0,03	7°30'	0,86	13°30'	2,76	19°30'	5,74
2°00'	0,06	8°00'	0,97	14°00'	2,97	20°00'	6,03
2°30'	0,10	8°30'	1,10	14°30'	3,19	20°30'	6.33
3°00'	0,14	9°00'	1,23	15°00'	3,41	21°00'	6,64
3°30'	0,19	9°30'	1,37	15°30'	3,64	21°30'	6,96
4°00'	0,24	10°00'	1,52	16°00'	3,87	22°00'	7,28
4°30'	0,31	10°30'	1,67	16°30'	4,12	22°30'	7,61
5°00'	0,38	11°00'	1,84	17°00	4,37	23°00'	7,95
5°30'	0,46	11°30'	2,01	17°30'	4,63	23°30'	8,29
6°00'	0,55	12°00'	2,19	18°00'	4,89	24°00'	8,65
6°30'	0,64	12°30'	2,37	18°30'	5,17	24°30'	9,01

Таблица поправок на наклон линии на 100 метров измеренного лентой расстояния AC[1]

Угол наклона	Поправки в метрах	Угол наклона	Поправки в метрах	Угол наклона	Поправки в метрах	Угол наклона	Поправки в метрах
1°00′	0,02	7°00′	0,75	13°00′	2,56	19°00′	5,45
1°30′	0,03	7°30′	0,86	13°30′	2,76	19°30′	5,74
2°00′	0,06	8°00′	0,97	14°00′	2,97	20°00′	6,03
2°30′	0,10	8°30′	1,10	14°30′	3,19	20°30′	6,33
3°00′	0,14	9°00′	1,23	15°00′	3,41	21°00′	6,64
3°30′	0,19	9°30′	1,37	15°30′	3,64	21°30′	6,96
4°00′	0,24	10°00′	1,52	16°00′	3,87	22°00′	7,28
4°30′	0,31	10°30′	1,67	16°30′	4,12	22°30′	7,61
5°00′	0,38	11°00′	1,84	17°00′	4,37	23°00′	7,95
5°30′	0,46	11°30′	2,01	17°30′	4,63	23°30′	8,29
6°00′	0,55	12°00′	2,19	18°00′	4,89	24°00′	8,65
6°30′	0,64	12°30′	2,37	18°30′	5,17	24°30′	9,01

[1] Поправки умножаются на измеренное лентой расстояние AC; полученное произведение вычитается затем из AC.

Условные знаки для плана масштаба 1 : 1000

Триангуляционный пункт

Пункт полигонометрического хода

Закрепленный и незакрепленный пункты

Столб граничный (межевой)

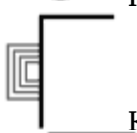
Репер нивелирный грунтовый

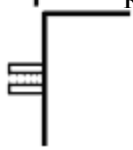
Координатная сетка {зеленым цветом)

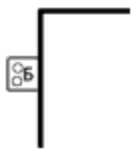
Часть дома двухэтажного,каменного,жилого

Дом частью деревянный,частью каменный с брандмауером

Памятник


Крыльцо открытое, ступени вверх

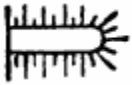

Крыльцо открытое, ступени вниз



Балкон на столбах

Ниша

Овощехранилище



Погреб

Выгребная яма

Отдельная могила

Фабричная труба

Карьер песка, глины и т. д.

Ветряная мельница

Граница угодий

Забор деревянный, сплошной, на каменном фундаменте

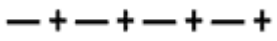
Забор деревянный, сплошной, на каменных столбах

Забор деревянный, сплошной (***I*** — ворота)

Забор деревянный, решетчатый

Забор деревянный, решетчатый, на каменных столбах

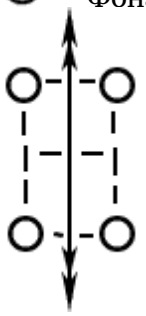
Изгородь (плетень)

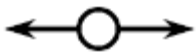
 Изгородь из колючей проволоки

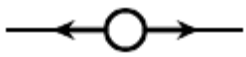
Изгородь живая

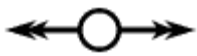
Столб деревянный

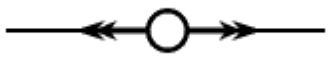
Фонарь электрический

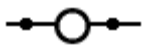
 Линия электропередачи высокого напряжения на деревянных опорах

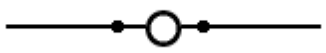
 Линия электропередачи низкого напряжения на застроенной территории

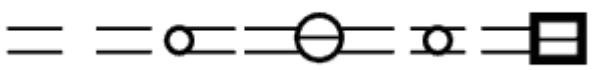
 То же на незастроенной территории

 Линия электропередачи высокого напряжения на застроенной территории

 То же на незастроенной территории

 Телеграфная и телефонная линия на застроенной территории

 То же на незастроенной территории

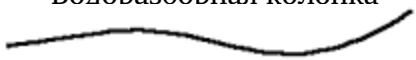
 Линия водопровода и смотровые колодцы (зеленым цветом)

Линия канализации и смотровой колодец

Колодец (зеленым цветом)

Фонтан

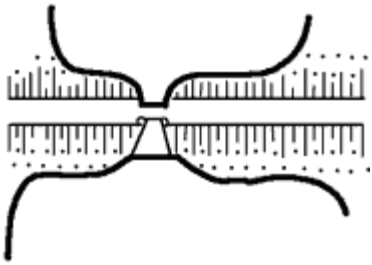
Водоразборная колонка



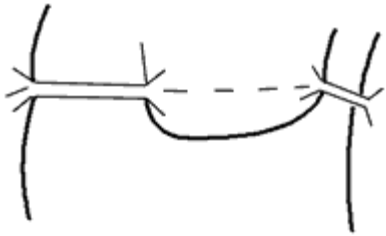
Река и ручей (зеленым цветом)

Канавы осушительные (зеленым цветом)

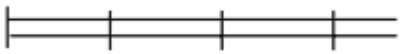
Откос спланированный



Плотина земляная

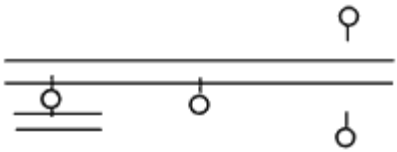


Мост пешеходный

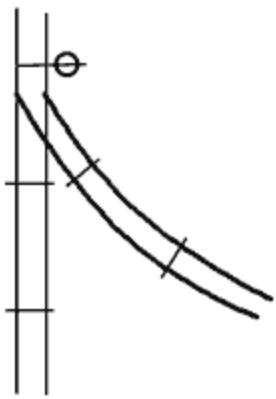


Железнодорожное полотно нормальной колеи

То же узкой колеи



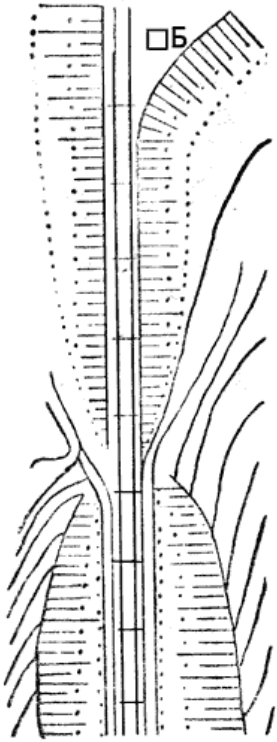
То же трамвая, со столбами.



Железнодорожная стрелка

Километровый столб

Предупредительный дорожный знак



Будка

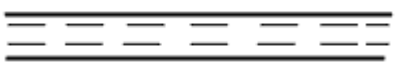
Железная дорога на насыпи (горизонтали коричневым цветом)

Железная дорога в выемке

Шоссейная дорога и труба под нею (боковые канавы зеленым цветом)

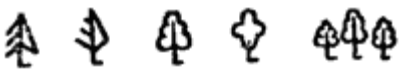
Дорожка в парках и садах

Тропа пешеходная

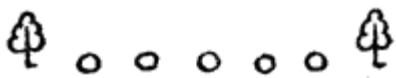


Грунтовая дорога улучшенная, с канавами (боковые канавы зеленым цветом)

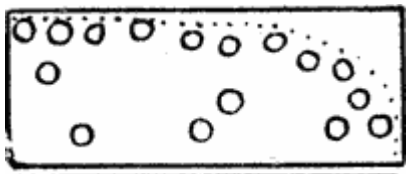
Грунтовая дорога проселочная



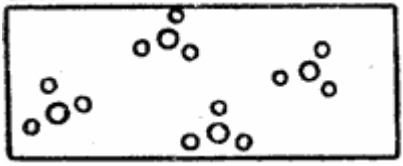
Ель, сосна, береза или осина, дуб, группы деревьев



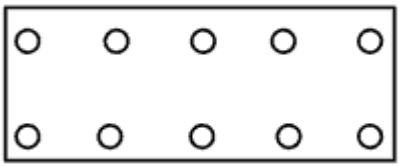
Аллея



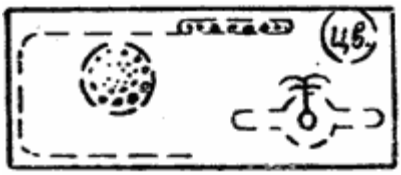
Опушка леса



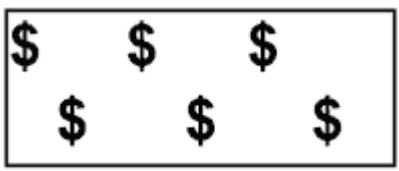
Кустарник



Сад фруктовый



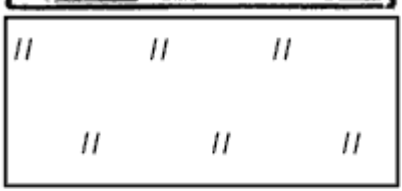
Цветник и клумбы



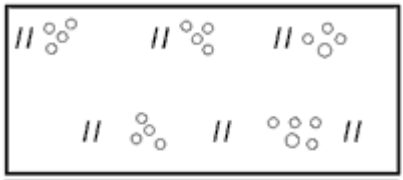
Виноградник

Пашня

Болото (зеленым цветом)

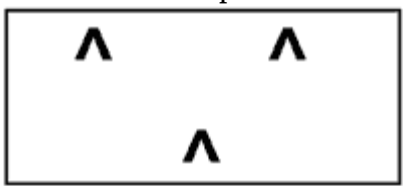


Луг чистый



Луг с кустарником

Луг заболоченный (горизонтальная штриховка зеленым цветом)

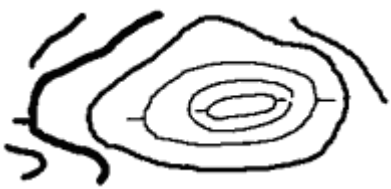


Выгон

Горизонталь (коричневым цветом)

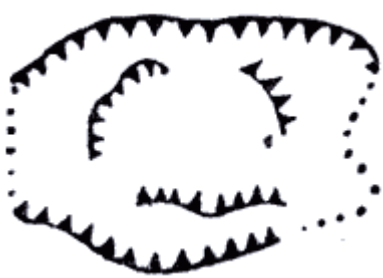
Горизонталь утолщенная (коричневым цветом)

Обрыв (коричневым цветом)



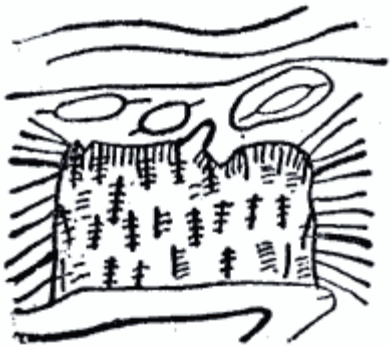
Курган (коричневым цветом)

Отдельные камни



Изрытые места (цифрами должна быть указана глубина в метрах)

Промоины (коричневым цветом)



Скалы и утесы (коричневым цветом)

ПРОЧТИТЕ эти книги

СТРЕЛКОВ П. Электротехника в пионерском отряде. Детгиз, 1950, стр. 4§, цена 1 р. 50 к. Для среднего и старшего возраста.

В книге рассказывается о различных видах электрической сигнализации в быту, о том, как электрифицировать учебные пособия, плакаты, лозунги и витрины.

БОРИСОВ В. Школьный радиоузел. Детгиз, 1951, стр. 72, цена 1 р. 70 к. Для среднего и старшего возраста.

Практические советы по устройству школьного радиоузла и организации его работы.

КОСТЕНКО И. и МИКИРТУМОВ Э. Летающие модели. Детгиз, 1951, стр. 128, цена 5 р. Для среднего и старшего возраста.

В книге содержатся указания о постройке летающих моделей самолетов разных типов, о применении различных материалов и инструментов.

БУНИМОВИЧ Д. Книга юного фотолюбителя. Детгиз, 1951, стр. 192, цена 6 р. Для среднего и старшего возраста.

Книга знакомит школьников с практическими и теоретическими основами фотографии.

В ПОМОЩЬ ЮНОМУ ТЕХНИКУ (Сборник). Детгиз, 1952, стр. 148, цена 7 р. 55 к. Школьная библиотека. Для средней школы.

Советы о постройке летающих и плавающих моделей; простейшие конструкции для радиолюбителей.

ГАЛЬПЕРШТЕЙН Л. и ХЛЕБНИКОВ П. Мы строим машины. Детгиз, 1953, стр. 112, цена 2 р. 65 к. Школьная библиотека. Для средней школы.

Очерки о работе различных машин на строительстве и советы о создании их моделей.

МОСКАТОВ Е. Походный радиоприемник. Детгиз, 1953, стр. 16, цена 20 к. Школьная библиотека. Для средней школы.

Как самому построить походный радиоприемник с питанием от батареек карманного фонаря.

Все эти книги вы можете получить в своей школьной или местной библиотеке.

К ЧИТАТЕЛЯМ

Издательство просит отзывы об этой книге присылать по адресу: Москва, Д-47, ул. Горького, 43, Дом детской книги.

ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Голицын Сергей Михайлович

ХОЧУ БЫТЬ ТОПОГРАФОМ

Ответственный редактор *М. А. Зубков*.
Художественный редактор *С. И. Нижняя*.
Технический редактор *Н. П. Самохвалова*.

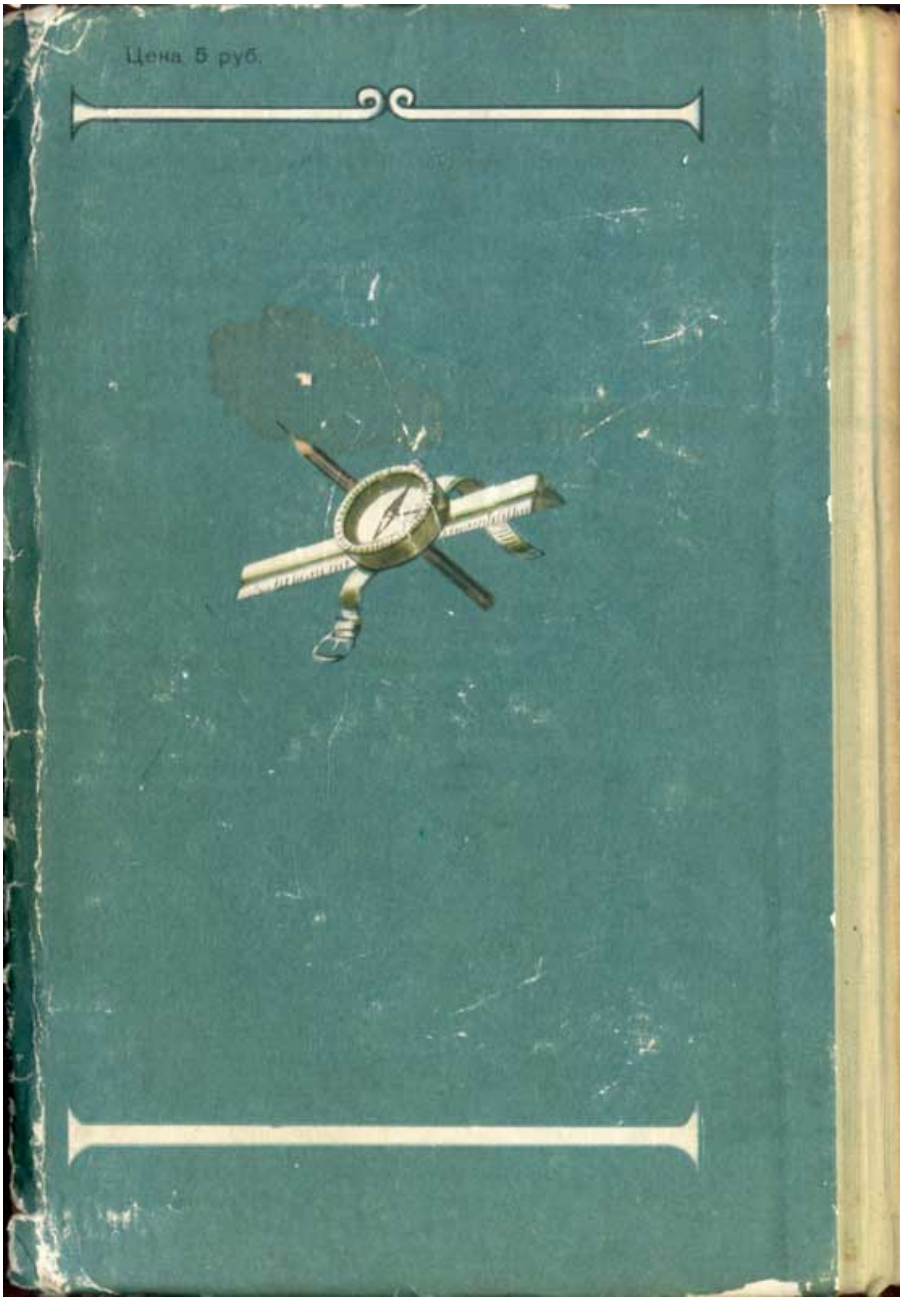
Корректоры

Т. И. Гиляшова и *Р. С. Мишелевич*.

Сдано в набор 24/11 1954 г. Подписано к печати 21/V 1954 г. Формат 60 X 92 1/16 — 13,25 п. л, (12,2 уч.-изд. л). Тираж 100 000 экз. А04644. Заказ № 228. Цена 5 руб.

Москва, Детгиз, М. Черкасский пер., 1.

Фабрика детской книги Детгиза. Москва, Сущевский вал, 49.



notes

Примечания

1

Г р а н ь — затеска на столбе.

2

В ы м е ч е т — выкопает.

З

Д о п р я м а — доподлинно.

4

Подробное описание путешествия Евреинова и Лужина дано в очень интересной книге О. А Евтеева «Первые русские геодезисты на Тихом океане». Географгиз, М., 1950.

5

Г. Федосеев. Мы идем по Восточному Саяну, изд. «Молодая гвардия», М., 1952.

6

Зрение бывает разное. Проверьте, соответствуют ли эти цифры вашему зрению. Если нет, то на основании неоднократных измерений шагами составьте для себя другую таблицу.

Треугольники не совсем равнобедренны: ведь линии CE и CO только приблизительно равны между собой. Но топография (геодезия) есть геометрия на практике, а практика нередко допускает некоторые неточности, если они идут на пользу дела.

8

С помощью длинной линейки или портновского сантиметра проверьте эти размеры у себя.

Если вас заинтересуют эти задачи, достаньте книгу Я. Перельмана «занимательная геометрия» (8-е издание вышло в 1951 году). В этой книге таких задач приведено значительно больше.

10

Происходит от немецкого слова «die Ecke», что значит «угол».

11

Топографы всегда начинают разбивку именно с длинной линии и к ней уже восстанавливают более короткие перпендикуляры, а не наоборот.

12

Если карандаш чехословацкий, то соответственно: 3Н, 2Н, Н, НВ и В.

13

Тут будет некоторая ошибка, которой, однако, можно пренебречь. Фактически вы измеряете расстояние до дерева не от вашего глаза, а от ваших ног.

14

Гномон — древнейший вид астрономического инструмента: вертикальный столбик для определения полуденного часа и направления меридиана в данном месте по тени этого столбика.

15

В случае восточного склонения я должен был бы 5° вычесть (30° — 5° = 25°).

16

В компасах иногда существует система делений градусного круга не по азимутам, а по так называемым румбам. По этой системе градусы считаются от обоих концов стрелки — и от северного и от южного, — притом в обе стороны. Но поскольку вам придется все время держать компас так, чтобы стрелка показывала своим черным концом на ноль, вы делениями градусного круга пользоваться не будете, и пусть они вас не смущают.

17

Поте нот (1660— 1732)—известный французский математик и геодезист.

18

Сажень — русская линейная мера, употреблявшаяся до введения метрической системы мер. Сажень равна 2,134 метра.

19

Миллиметровкой называется специально изготавливаемая бумага, разграфленная на дециметровые, сантиметровые и миллиметровые клетки.

20

При масштабе 1 : 500 в каждом квадратном сантиметре плана будет 25 квадратных метров.

Разумеется, измерять и отсчитывать углы с точностью до 5' невозможно, даже если вы очень аккуратно вычертили градусные деления. Эти 5' — чисто условные средние величины между четырьмя отсчетами по лимбу.

При работах с настоящими угломерными инструментами невязка на десять углов должна быть меньше 3', меньше 2' или еще незначительнее, в зависимости от точности самого угломерного инструмента.

23

Из получившегося азимута 375˚31' вычтена дуга полного круга — 360˚.

Есть теодолит-десятисекундник, и существуют еще теодолиты сверхточные, со стеклянными лимбами, с точностью отсчетов до 1".

Предполагается, что теодолит был заранее выверен и все оси его или строго вертикальны или строго горизонтальны.

26

Почему изображение перевернулось и что такое фокус, вам должно быть известно из физики.

При теодолите-тридцатисекунднике— не более чем на 45".

28

Строго говоря, тут получается не совсем горизонтальное проложение, потому что железные дороги идут под некоторым уклоном.

29

В. Я. Струве (1793—1864) — известный русский астроном и геодезист. Первый директор Пулковской обсерватории.

30

Сфероид — сплющенный шар, тело, образуемое вращением эллипса вокруг его малой оси.

31

Визирная ось трубы — воображаемая линия, которая проходит через центры обоих увеличительных стекол трубы и через крест нитей.

32

Происходит от французского слова «niveau», что значит «уровень».

33

На стеклянной трубке уровня нанесены деления, по которым и узнается ее середина.

Точнее, основная ось всего инструмента, ось вращения его, не идеально вертикальна. Понятие оси уровня не совсем определенное, поскольку трубка слегка изогнута. Под осью уровня можно разуметь перпендикуляр к вертикальной оси вращения инструмента.

35

Расстояние до реек зависит от масштаба съемки. При масштабе 1 : 1000 дальше 100 метров рейку не посылают (употребляется крайняя левая рейка), а при масштабе 1 : 25 000, когда деления на рейке достаточно отсчитать с точностью до 5 метров, рейку можно посылать и на 800 метров, если только деления на ней будут видны (употребляются остальные рейки).

Обычно приходится снимать не только самую площадку комбината, во и окружающую территорию — участки для жилого поселка, для подсобных предприятий, снимать полосы будущих трасс — подъездной железной дороги, водопровода, канализации и т. д.

При масштабе 1 : 1000 на каждом планшете помещается 25 гектаров, но некоторые планшеты целиком не были засняты.

Пожалуй, вы теперь сами сможете заняться тахеометрической вертикальной съемкой небольшого участка, только расстояния до точек измеряйте ковыльком, а превышения узнавайте или с помощью самодельного нивелира, или с помощью эклиметра. Вы уже настолько хорошо ознакомились с топографией, что, несомненно, справитесь с этой работой.

39

Впервые фотографирование неприятельских позиций с аэростата было применено русским офицером В. Ф. Найденовым в 1904 году, во время русско-японской войны.

Если вам знакома тригонометрия, то вы знаете, что в первом случае вы имеете дело с sin α. X 100 метров, во втором — tg α X 100 метров.

Поправки умножаются на измеренное лентой расстояние AC; полученное произведение вычитается затем из AC.

comments

Комментарии

1

Надпись на колышке прориросована специальноо для электронной книги. В печатном оригинале отсутствует — V_E.

2

См. раздел в оглавлении электронной книги — V_E.

3

С. 193. См. раздел в оглавлении электронной книги — V_E.

4

В печатном оригинале данный и следующие два рисунка расположены рядом и имеют общую подпись — V_E.

5

Подпись добавлена нами. Далее ведомость приводится в формате fb2 — V_E.

6

Ведомость со страницы 112 здесь приводится в формате fb2. Выше эта же ведомость приведена в графическом формате. — V_E.

См. раздел «Обоснование на октрытой местности» — V_E.

8

В оригинале, видимо допущена ошибка: AC = i100 метрам. Буква i удалена нами — V_E.